

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**RELAÇÕES LINEARES ENTRE CARACTERES  
FENOLÓGICOS, MORFOLÓGICOS E PRODUTIVOS  
EM MILHO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Gabriele Casarotto**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**

**RELAÇÕES LINEARES ENTRE CARACTERES  
FENOLÓGICOS, MORFOLÓGICOS E PRODUTIVOS EM  
MILHO**

**Gabriele Casarotto**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Agronomia**

**Orientador: Alberto Cargnelutti Filho**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Casarotto, Gabriele  
Relações lineares entre caracteres fenológicos,  
morfológicos e produtivos em milho / Gabriele Casarotto.-  
2013.  
76 p.; 30cm

Orientador: Alberto Cargnelutti Filho  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia, RS, 2013

1. Zea mays L. 2. Correlação linear 3.  
Multicolinearidade 4. Análise de trilha I. Filho,  
Alberto Cargnelutti II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

**A Comissão Examinadora abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado**

**RELAÇÕES LINEARES ENTRE CARACTERES FENOLÓGICOS,  
MORFOLÓGICOS E PRODUTIVOS EM MILHO**

Elaborada por  
**Gabriele Casarotto**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Mestre em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Lindolfo Storck, Dr. (UFSM)**

---

**Leandro Homrich Lorentz, Dr. (UNIPAMPA)**

Santa Maria, 20 de fevereiro de 2013.

As pessoas importantes na minha vida:

Meus pais, Valmir Luiz (*in memoriam*) e Enir.

Meus irmãos, Daniel e Julie.

**Dedico este trabalho!**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida, tranquilidade e força para realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Centro de Ciências Rurais, ao Departamento de Fitotecnia e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos.

A minha mãe Enir Casarotto e meus irmãos Daniel e Julie pelo amor, carinho, compreensão e incentivo.

Ao meu orientador, professor Alberto Cargnelutti Filho, pela paciência e dedicação em passar seus ensinamentos.

Aos professores de Experimentação Vegetal, Lindolfo Storck, Alessandro Dal'Col Lúcio e Sidinei José Lopes, pela disponibilidade em transmitir conhecimentos.

Aos colegas e amigos do setor de experimentação vegetal, Marcos Toebe, Cláudia Burin, André Luis Fick, Bruna Mendonça Alves, Ismael Mario Márcio Neu, Giovani Facco, Gustavo Oliveira dos Santos e Réges Bellé Stefanello, pelo companheirismo e colaboração na realização deste trabalho.

A minha amiga, Riteli Baptista Mambrin, pelo carinho e incentivo.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Agronomia, pelo coleguismo e amizade.

A todos que de alguma forma colaboraram com a concretização deste trabalho.

**Muito Obrigada!**

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **RELAÇÕES LINEARES ENTRE CARACTERES FENOLÓGICOS, MORFOLÓGICOS E PRODUTIVOS EM MILHO**

AUTORA: GABRIELE CASAROTTO

ORIENTADOR: ALBERTO CARGNELUTTI FILHO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 20 de Fevereiro de 2013

Este estudo teve como objetivos verificar a existência de relações lineares entre caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de cultivares de milho (*Zea mays* L.) de ciclos precoce e superprecoce e classe transgênica, e identificar quais caracteres possuem elevada correlação e efeitos diretos sobre a produtividade de grãos. Para isso, foram conduzidos seis experimentos com cultivares precoces, superprecoces e transgênicas de milho, nas safras agrícolas 2009-2010 e 2010-2011, na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Na safra 2009-2010 foram avaliadas 36 cultivares precoces, 22 superprecoces e 18 transgênicas e na safra 2010-2011, 23 precoces, 9 superprecoces e 27 transgênicas. Nos seis experimentos, o delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições. As unidades experimentais foram constituídas de duas filas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,80m. A densidade de semeadura foi ajustada para 62.500 plantas ha<sup>-1</sup>. Em cada unidade experimental foram marcadas, aleatoriamente, três plantas, onde foram avaliados 15 caracteres. A média dessas três plantas constituiu o valor da repetição. Foram avaliados os caracteres fenológicos (número total de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM) e número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF)), morfológicos (altura de planta (AP) e altura de inserção de espiga (AE), em cm) e produtivos (peso de espiga (PE), em g, número de fileiras de grãos por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (PS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup>). Foi realizada análise de variância individual e as médias das cultivares foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente, foram estimados, para cada experimento, os coeficientes de correlação linear de Pearson entre os 15 caracteres avaliados. Para a análise de trilha, a PRO foi considerada o caractere principal e os demais explicativos. Foi realizado o diagnóstico de multicolinearidade na matriz de correlação entre os caracteres explicativos e eliminados os caracteres causadores de alto grau de multicolinearidade. Os efeitos diretos e indiretos sobre a PRO foram estimados por meio de análise de trilha e a verificação dos caracteres que influenciam a PRO e a contribuição deles na predição da PRO foram estimados por meio de análise de regressão stepwise. Existem relações lineares entre os caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas milho. Os caracteres PE e DE possuem coeficientes de correlação linear de Pearson fortíssimos ( $r \geq 0,97$ ) e moderados a fortes ( $0,55 \leq r \leq 0,78$ ), respectivamente, com a PRO. De maneira geral, o caractere DE possui elevada correlação e efeitos diretos ( $0,6686 \leq \text{efeito direto} \leq 1,1818$ ) positivos sobre a PRO. Aliado ao DE, o CE possui elevada contribuição positiva na predição da PRO. Portanto, podem ser utilizados para seleção indireta em programas de melhoramento genético de milho.

**Palavras-Chave:** *Zea mays* L.. Correlação linear. Multicolinearidade. Análise de trilha.

## ABSTRACT

Master Dissertation  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria

### LINEAR RELATIONS AMONG PHENOLOGICAL, MORPHOLOGICAL AND PRODUCTIVE CHARACTERS IN MAIZE

AUTHOR: GABRIELE CASAROTTO

ADVISER: ALBERTO CARGNELUTTI FILHO

Place and Data of the Defense: Santa Maria, 20<sup>th</sup> February, 2013

This study aimed to verify the existence of linear relationships among phenological, morphological and productive characters of maize cultivars (*Zea mays* L.) of early and veryearly cycle and transgenic class and also to identify which characters have high correlation and direct effects on grain productivity. Six experiments were performed with early and veryearly and transgenic maize cultivars in the growing seasons 2009-2010 and 2010-2011, in the experimental area of the Department of Plant Science, of Federal University of Santa Maria. In the 2009-2010 harvest were evaluated 36 early cultivars, 22 veryearly and 18 transgenic and 2010-2011 harvest, 23 early, 9 veryearly and 27 transgenic. The experimental design was a randomized block design with three replications. The experimental unit consisted of two rows of five meters in length, spaced at 0,80 m. The seeding rate was adjusted to 62,500 plants ha<sup>-1</sup>. In each experimental unit it were tagged, randomized, three plants, and it were evaluated 15 characters of each one. The average of these three plants was the value of repetition. It were evaluated phenological (total number of leaves per plant (NFO), phyllochron estimated with the number of expanded leaves(FNFE), phyllochron estimated with the total number of leaves (FNTE) in ° C day leaf<sup>-1</sup>, the number of days of seeding until male flowering (FM) and number of days of seeding until female flowering (FF)), morphological (plant height (PH) and ear insertion height (AE), in cm) and productive (ear weight (PE), in g, number of kernel rows per ear (NFI), ear length (CE), in cm, ear diameter (DE), in mm, cob weight (PS), in g, cob diameter (DS), in mm, hundred kernel weight (MCG), in g, and grain productivity (PRO) in g ear<sup>-1</sup>) characters. Analysis of variance (ANOVA) was performed and the means of the cultivars were compared by Scott-Knott test at 5% probability. The linear correlation coefficients of Pearson among 15 evaluated characters were estimated for each experiment. For the path analysis, the PRO was considered the main character and the other characters were considered explanatory ones. It was accomplished multicollinearity diagnosis in the correlation matrix among the explanatory characters and the characters causing high degree of multicollinearity were eliminated. The direct and indirect effects on the PRO were estimated using path analysis and the verification of characters that influence PRO and their contribution in predicting the PRO were estimated by stepwise regression analysis. There are linear relationships among the phenological, morphological and productive characters maize plants. The characters PE and DE showed linear correlation coefficients of Pearson very strong ( $r \geq 0,97$ ) and moderate to strong ( $0,55 \leq r \leq 0,78$ ), respectively, with the PRO. In general, the character DE has high correlation and positive direct effects ( $0,6686 \leq \text{direct effect} \leq 1,1818$ ) on the PRO. Allied to DE, the CE has a high positive contribution in predicting the PRO. Therefore, they can be used for indirect selection in maize breeding programs.

**Key words:** *Zea mays* L.. Linear correlation. Multicollinearity. Path analysis.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Figura ilustrativa de uma correlação linear positiva perfeita ( $r=+1$ ) (A), correlação linear negativa perfeita ( $r=-1$ ) (B) e ausência de correlação linear ( $r=0$ ) (C). Adaptado de Carvalho, Lorencetti e Benin, 2004. ....21
- Figura 2** – Diagrama de trilha ilustrativo dos respectivos efeitos causais diretos ( $\rho_1$ ,  $\rho_2$  e  $\rho_n$ ) e efeitos interdependentes ( $r_{12}$ ,  $r_{2n}$ ,  $r_{1n}$ ) que definem os efeitos indiretos dos caracteres explicativos ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_n$ ) sobre o caractere principal ( $Y$ ). Adaptado de Carvalho, Lorencetti e Benin (2004). ....27

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares de milho de ciclo precoce, conduzido no ano agrícola 2009-2010.....36

**Tabela 2** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares de milho de ciclo precoce, conduzido no ano agrícola 2010-2011.....37

**Tabela 3** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares de milho de ciclo superprecoce, conduzido no ano agrícola 2009-2010.....38

**Tabela 4** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares de milho de ciclo superprecoce, conduzido no ano agrícola 2010-2011.....39

**Tabela 5** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares transgênicos de milho, conduzido no ano agrícola 2009-2010.....40

**Tabela 6** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e

produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares transgênicas de milho, conduzido no ano agrícola 2010-2011.....41

**Tabela 7** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (PS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) precoce de milho avaliada no experimento da safra 2009-2010. ....42

**Tabela 8** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (PS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) precoce de milho avaliada no experimento da safra 2010-2011. ....43

**Tabela 9** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (OS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) superprecoce de milho avaliada no experimento da safra 2009-2010.....44

**Tabela 10** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (OS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) superprecoce de milho avaliada no experimento da safra 2010-2011.....45

**Tabela 11** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o

florescimento masculino (FM), número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (OS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) transgênica de milho avaliada no experimento da safra 2009-2010. ....47

**Tabela 12** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM), número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (OS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) transgênica de milho avaliada no experimento da safra 2010-2011. ....48

**Tabela 13** – Matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM), número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), peso de espiga (PE), número de fileiras de grãos por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PRO), de experimentos com 36 e 23 cultivares precoces de milho conduzidos nos anos agrícolas 2009-2010 (acima da diagonal) e 2010-2011 (abaixo da diagonal), respectivamente. ....49

**Tabela 14** – Matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM), número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), peso de espiga (PE), número de fileiras de grãos por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PRO), de experimentos com 22 e nove cultivares superprecoces de milho conduzidos nos anos agrícolas 2009-2010 (acima da diagonal) e 2010-2011 (abaixo da diagonal), respectivamente. ....50

**Tabela 15** – Matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM), número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), peso de espiga (PE), número de fileiras de grãos por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de

sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PRO), de experimentos com 18 e 27 cultivares transgênicas de milho, conduzidos nos anos agrícolas 2009-2010 (acima da diagonal) e 2010-2011 (abaixo da diagonal), respectivamente. ....51

**Tabela 16** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total e coeficiente de determinação ( $R^2$ ), de um experimento com 36 cultivares precoces de milho, conduzido no ano agrícola 2009-2010. ....55

**Tabela 17** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com 23 cultivares precoces de milho, conduzido no ano agrícola 2010-2011. ....56

**Tabela 18** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com 22 cultivares superprecoces de milho, conduzido no ano agrícola 2009-2010. ....56

**Tabela 19** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com nove cultivares superprecoces de milho, conduzido no ano agrícola 2010-2011. ....57

**Tabela 20** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com 18 cultivares transgênicas de milho, conduzido no ano agrícola 2009-2010. ....57

**Tabela 21** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTEF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação

(R<sup>2</sup>) e efeito residual, de um experimento com 27 cultivares transgênicas de milho, conduzido no ano agrícola 2010-2011. ....58

**Tabela 22** – Equações de regressão linear múltipla de stepwise entre os caracteres explicativos (número de folhas por planta (NFO), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG)) e a produtividade de grãos de milho e respectivo coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), em seis experimentos com cultivares precoces, superprecoces e transgênicas de milho, conduzidos nos anos agrícolas de 2009-2010 e 2010-2011. ....60

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo A** – Relação das cultivares híbridas precoces utilizadas no experimento de milho da safra 2009-2010, empresa obtentora e características do grão.....71

**Anexo B** – Relação das cultivares híbridas precoces utilizadas no experimento de milho da safra 2010-2011, empresa obtentora e características do grão.....72

**Anexo C** – Relação das cultivares híbridas superprecoces utilizadas no experimento de milho da safra 2009-2010, empresa obtentora e características do grão.....73

**Anexo D** – Relação das cultivares híbridas superprecoces utilizadas no experimento de milho da safra 2010-2011, empresa obtentora e características do grão.....74

**Anexo E** – Relação das cultivares híbridas transgênicas utilizadas no experimento de milho da safra 2009-2010, empresa obtentora e características do grão.....75

**Anexo F** – Relação das cultivares híbridas transgênicas utilizadas no experimento de milho da safra 2010-2011, empresa obtentora e características do grão.....76

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
<b>2.1 A cultura de milho</b> .....	18
<b>2.2 Relações lineares entre caracteres no melhoramento genético de plantas</b> .....	20
2.2.1 Correlação Linear de Pearson .....	21
2.2.2 Correlações fenotípica, genotípica e ambiental .....	22
2.2.3 Pressuposições em análises multivariadas .....	24
2.2.3.1 Normalidade multivariada.....	24
2.2.3.2 Linearidade e multicolinearidade.....	25
2.2.4 Análise de trilha.....	27
2.2.5 Análise de regressão múltipla .....	29
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	30
<b>3.1 Experimentos</b> .....	30
<b>3.2 Caracteres avaliados</b> .....	31
<b>3.3 Análises estatísticas</b> .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	61
<b>CONCLUSÕES</b> .....	64
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	65
<b>ANEXOS</b> .....	70



# 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas anuais mais importantes a nível mundial, sendo utilizado, principalmente devido as suas qualidades nutricionais e energéticas, na alimentação animal e humana (EMBRAPA, 2010; SANTOS et al., 2002). Na cadeia produtiva animal, de aves e suínos, são consumidos cerca de 70% da produção mundial deste cereal, na forma de rações ou em mistura com concentrados proteicos (EMBRAPA, 2010). O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de produção deste cereal (FAO, 2010), e segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2012) a produção de milho no ano agrícola de 2011-2012 foi de 72,73 milhões de toneladas, superando a safra anterior, com produção estimada em 57,41 milhões de toneladas.

No Brasil, o cultivo de milho é realizado em todos os estados e em diferentes épocas de semeadura, determinadas pela variação de temperatura e pela distribuição das chuvas (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2004). Neste contexto, o desenvolvimento de cultivares que se adaptem as condições edafoclimáticas de cada ambiente e que possuam elevada produtividade de grãos, é fundamental para a sustentação da produção de milho. Os programas de melhoramento genético de plantas têm visado, principalmente, melhorias nestas características.

O conhecimento das associações entre os caracteres agronômicos de cultivares de milho, no melhoramento, é de fundamental importância na obtenção de materiais melhorados, uma vez que a seleção indireta correlacionada pode trazer ganhos mais rápidos e promissores que a seleção direta. A seleção indireta é vantajosa quando o caractere principal, objeto do melhoramento genético, é um caractere complexo e possui baixa herdabilidade, ou seja, é governado por vários genes e possui difícil transmissão à progênie e, ainda, possui elevada influência das condições ambientais do local de cultivo (KUREK et al., 2001).

O estudo das relações lineares entre caracteres pode ser realizado por meio dos coeficientes de correlação linear entre os mesmos (CRUZ; REGAZZI, 1997; FERREIRA, 2009). No entanto, mesmo que a correlação entre os caracteres seja elevada, para obter sucesso na seleção indireta, o melhorista deve observar se além de elevada correlação linear o caractere selecionado possui influência direta

favorável sobre o caractere a ser melhorado. Trabalhos nesse sentido foram realizados em culturas, como milho (ALVI et al., 2003; BELLO et al., 2010; CARVALHO et al., 2001; LOPES et al., 2007; OJO et al., 2006), feijão (KUREK et al., 2001), cana de açúcar (SILVA et al., 2012) e maçã (EHSANI-MOGHADDAM; DEELL, 2009). Nesses estudos foi utilizada a análise trilha, que desdobra os coeficientes de correlação linear em efeitos diretos e indiretos de caracteres explicativos sobre um principal, informando os reais efeitos entre os caracteres, e servindo de base para a melhoria dos genótipos (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004; CRUZ; REGAZZI, 1997).

Este estudo teve como objetivos determinar as relações existentes entre os caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de cultivares de milho de ciclo precoce, de ciclo superprecoce e classe transgênica. Além disso, identificar os caracteres que possuem elevada correlação e efeitos diretos sobre a produtividade de grãos, de forma a auxiliar na indicação de caracteres para seleção indireta em programas de melhoramento genético de plantas de milho.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura de milho

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal importante na cadeia produtiva animal e de derivados, uma vez que é base da nutrição, como fonte de energia nas rações animais, sendo esta sua principal utilização (SANTOS et al., 2002). O Brasil foi considerado pela FAO (2010) o terceiro maior produtor mundial deste cereal, perdendo para Estados Unidos da América e China, primeiro e segundo lugares no ranking de produção, respectivamente. Nacionalmente o milho é cultivado em duas épocas, após o início das chuvas (primavera-verão) ou após uma cultura estival. No ano agrícola de 2011-2012 a produção deste cereal foi de 72,73 milhões de toneladas, um aumento de aproximadamente 27% em relação ao ano anterior (CONAB, 2012).

Cultivado em todas as regiões do país e em duas épocas, a utilização de cultivares adaptadas aos diferentes locais, às tecnologias e aos recursos disponíveis, é um fator extremamente importante para o sucesso de uma lavoura (EMBRAPA, 2010). Estão disponíveis no mercado, para semeadura em 2012-2013, 479 cultivares de milho, das quais 216 cultivares possuem eventos de transgenia, que são divididos em eventos para o controle de lagartas, para resistência à aplicação do herbicida glifosato e tolerância aos herbicidas constituídos de glufosinato de amônio (CRUZ; QUEIROZ; PEREIRA FILHO, 2012).

A duração do ciclo dessas cultivares depende das exigências térmicas (°C dia, GD), da emergência até o florescimento masculino (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2004), fator que influencia na sua utilização nas diferentes regiões. As cultivares superprecoces são aquelas que apresentam exigências menores que 830 GD da emergência ao florescimento. As cultivares precoces entre 831 e 890 GD e as tardias, exigências térmicas acima de 891 GD (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2004). Outra classificação, menos satisfatória, considera o número de dias do período emergência-maturação e agrupa como superprecoces, precoces e normais,

cultivares com este período inferior a 110 dias, entre 110 e 145 dias e superior a 145 dias, respectivamente (EMBRAPA, 2010).

Os fatores que influenciam a produtividade de grãos de milho são o potencial genético da cultivar, as condições climáticas do local de cultivo e o manejo empregado na lavoura. Destes fatores, a cultivar é responsável por 50% da variabilidade da produtividade de grãos da cultura e por este motivo, é preconizada a semeadura de cultivares híbridas, em geral mais produtivas que as variedades de polinização aberta (EMBRAPA, 2010). Os híbridos simples são, em geral, mais produtivos e uniformes que os híbridos triplo e duplo. Estes últimos, originados de três ou mais linhagens distintas, apresentam, maior capacidade de adaptação, sendo menos produtivos (EMBRAPA, 2010). No entanto, Emygdio, Ignaczak e Cargnelutti Filho (2007) estudando as diferentes bases genéticas e sua associação com a produtividade de grãos, concluíram que generalizações a este respeito não podem ser realizadas, uma vez que híbridos duplos podem ser mais produtivos que híbridos simples e triplos.

Diferentes locais, épocas de cultivo e cultivares de diferentes ciclos, bases genéticas e eventos de transgenia, necessitam de planejamentos específicos quanto a épocas de semeadura, manejos de adubação, controle de pragas, doenças, e plantas daninhas, programação de colheita, e estudos nesse sentido possibilitam identificar cultivares mais adaptadas aos diferentes locais de cultivo. Santos et al. (2002) avaliando diferentes híbridos quanto à seu desempenho agrônomico, em Uberlândia, Minas Gerais, constataram que, em geral, existem diferenças entre os mesmos, e que alguns híbridos não apresentaram coerência entre a duração do ciclo e sua classificação.

O grande número de cultivares disponíveis no mercado, para a semeadura no Brasil, não garante a elevada produtividade de grãos do cultivo de milho. A produtividade média nacional no ano de 2011-2012 foi de 4.779 Kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012). No Rio Grande do Sul, o nível de produtividade de grãos de milho segue o cenário nacional. A produtividade média de grãos de milho (3.002 Kg ha<sup>-1</sup>) no estado, no mesmo ano agrícola foi inferior a média nacional (CONAB, 2012). Em comparação com os Estados Unidos, maior produtor mundial de milho, que em 2012 teve estimativa de produtividade de aproximadamente 7.633 Kg ha<sup>-1</sup> (USDA, 2012), a produtividade nacional é considerada baixa.

Almejando incrementos na produtividade de grãos da cultura, é importante a realização de experimentos e a avaliação das cultivares disponíveis. Nesses experimentos, é possível identificar caracteres que possam ser utilizados, pelos programas de melhoramento genético de plantas para a melhoria destes materiais. A Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) coordena os ensaios de competição de cultivares de milho no Rio Grande do Sul. Nesses ensaios são avaliadas características fenológicas, morfológicas e produtivas das cultivares em vias de lançamento ou recentemente lançadas pelas empresas de melhoramento. Nesses ensaios a finalidade é analisar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Além disso, gerar informações para a indicação regional das cultivares e para a identificação de caracteres para seleção e cruzamentos promissores.

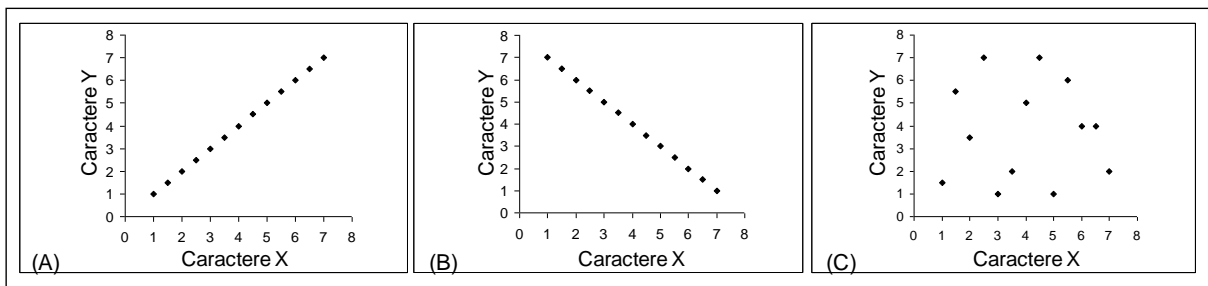
## **2.2 Relações lineares entre caracteres no melhoramento genético de plantas**

Em programas de melhoramento genético de plantas, a melhoria de caracteres agrônômicos pode ser resultado de um processo de seleção. A seleção direta é computada quando as melhorias e a seleção são realizadas no caractere de interesse do melhorista. Considerando a existência de caracteres inter-relacionados, a seleção indireta, ou seja, a seleção de um caractere correlacionado com o caractere que se deseja melhorar pode ser uma alternativa vantajosa (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004). No entanto, para a identificação de caracteres, que possibilitem progresso na seleção, é interessante o conhecimento do pesquisador sobre a cultura e a coleta de dados que possibilitem estudos nesse sentido (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Procedimentos estatísticos bivariados e multivariados, como correlações simples, parciais, análise de trilha e regressão linear múltipla são utilizadas pelos pesquisadores, em programas de melhoramento genético de plantas, com a finalidade de identificar os caracteres promissores para a seleção indireta (CRUZ; REGAZZI, 1997).

### 2.2.1 Correlação Linear de Pearson

O coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) fornece a intensidade ou o grau de associação linear existente entre dois caracteres estudados ( $X$ ,  $Y$ ). Este coeficiente é um valor adimensional, compreendido no intervalo entre  $+1$  e  $-1$  e quanto mais próximo dos limites extremos, maior a associação linear entre os mesmos – correlação perfeita positiva ( $r=+1$ ) e negativa ( $r=-1$ ) (Figuras 1A e 1B). Uma correlação linear de Pearson positiva indica que incrementos no caractere  $X$  estão associados a incrementos em  $Y$ , enquanto uma correlação linear negativa indica que incrementos no caractere  $X$  estão associados a decréscimos no caractere  $Y$ . Um coeficiente de correlação linear igual a 0 (zero) indica a ausência de associação linear entre os caracteres (Figura 1C) (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004; CRUZ; REGAZZI, 1997; FERREIRA, 2009).



**Figura 1** – Figura ilustrativa de uma correlação linear positiva perfeita ( $r=+1$ ) (A), correlação linear negativa perfeita ( $r=-1$ ) (B) e ausência de correlação linear ( $r=0$ ) (C). Adaptado de Carvalho, Lorencetti e Benin, 2004.

O coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) pode ser calculado pela expressão:

$$r = \frac{\hat{C}ov(X, Y)}{\sqrt{\hat{V}(X)\hat{V}(Y)}} \quad (1)$$

onde  $\hat{C}ov(X, Y)$ ,  $\hat{V}(X)$  e  $\hat{V}(Y)$  são, respectivamente os estimadores da covariância entre  $X$  e  $Y$ , variância de  $X$  e variância de  $Y$ , realizadas a partir dos valores observados para dois caracteres ( $X$ ,  $Y$ ) em uma amostra de indivíduos da

população, existindo influências genéticas e ambientais sobre a expressão dos caracteres (CRUZ; REGAZZI, 1997; FERREIRA, 2009).

### 2.2.2 Correlações fenotípica, genotípica e ambiental

A expressão de um caractere (fenótipo) é resultado de influências genéticas e do ambiente, assim como as correlações também podem ter causas genéticas e ambientais (CRUZ; REGAZZI, 1997). Um coeficiente de correlação linear fenotípico, como já mencionado, é obtido pela amostragem de caracteres em uma população. Quando as observações são realizadas em experimentos delineados, com tratamentos e repetições, é possível estimar, além das correlações fenotípicas, as genotípicas e ambientais. Por meio da análise de variância individual dos caracteres (X, Y), conforme o delineamento experimental utilizado, e ainda pela análise de um terceiro caractere (X+Y) composto pela soma dos caracteres X e Y, são obtidos os quadrados médios de tratamento (QM<sub>t</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>) para os três caracteres (X, Y e X+Y). O QM<sub>t</sub> e o QM<sub>r</sub> são estimativas da variância fenotípica e residual, respectivamente, e necessários para a determinação dos coeficientes de correlação fenotípico, genotípico e ambiental. O coeficiente de correlação fenotípico pode ser determinado resolvendo a equação:

$$r_f = \frac{(\hat{V}(X+Y) - \hat{V}(X) - \hat{V}(Y)) \div 2}{\sqrt{\hat{V}(X)\hat{V}(Y)}} \quad (2)$$

onde:  $\hat{V}(X+Y)$ ,  $\hat{V}(X)$  e  $\hat{V}(Y)$  são os estimadores das variâncias fenotípicas de X+Y, X e Y, respectivamente. Os coeficientes de correlação fenotípica são iguais aos coeficientes de correlação de linear de Pearson estimados com a média dos tratamentos (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Somente um coeficiente de correlação linear genotípico ( $r_g$ ), quantifica características herdáveis, ou seja, características que possam ser transmitidas à progênie. A estimativa deste coeficiente é calculada pela equação:

$$r_g = \frac{C\hat{v}_g(X, Y)}{\sqrt{\hat{V}_g(X)\hat{V}_g(Y)}} \quad (3)$$

sendo:

$$\text{Côv}_g(X, Y) = \frac{\{[\hat{V}(X+Y) - \hat{V}(X) - \hat{V}(Y)] \div 2\} - \{[\hat{V}_r(X+Y) - \hat{V}_r(X) - \hat{V}_r(Y)] \div 2\}}{\text{rep}}; \quad (4)$$

$$\hat{V}_g(X) = \frac{(\hat{V}(X) - \hat{V}_r(X))}{\text{rep}} \text{ e } \hat{V}_g(Y) = \frac{(\hat{V}(Y) - \hat{V}_r(Y))}{\text{rep}} \quad (5)$$

em que:  $\text{Côv}_g(X, Y)$  é a covariância genética entre os caracteres X e Y,  $\hat{V}_g(X)$  a variância genética de X,  $\hat{V}_g(Y)$  a variância genética de Y,  $\hat{V}(X+Y), \hat{V}(X), \hat{V}(Y)$  e  $\hat{V}_r(X+Y), \hat{V}_r(X), \hat{V}_r(Y)$  as variâncias fenotípica e residual dos caracteres X+Y, X e Y, respectivamente e rep o número de repetições utilizadas no experimento (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Estudando as correlações genotípicas em caracteres quantitativos de híbridos de milho, Malik et al. (2005) concluíram que estas são importantes na definição de programas de melhoramento da cultura, principalmente buscando incrementos na produtividade de grãos. No entanto, pesquisadores também concluíram ser importante estudar as matrizes de correlação fenotípica. Bello et al. (2010) avaliando as correlações entre caracteres agrônômicos e a produtividade de grãos de milho constataram que, de maneira geral, os coeficientes genotípicos se assemelharam aos fenotípicos. Alvi et al. (2003) constataram, também valores similares e de mesmo sinal, de correlações genotípicas e fenotípicas entre caracteres produtivos e valores de herdabilidade elevados ( $\geq 81,41\%$ ) para estes caracteres. Assim, a avaliação das correlações fenotípicas pelos programas de melhoramento genético torna-se imprescindíveis, uma vez que a seleção de caracteres é realizada por meio de sua expressão. Em experimentos com elevada acurácia seletiva, ou seja, com elevada precisão experimental, a herdabilidade estimada será elevada (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2007). Esta herdabilidade é a capacidade, de ordem genética, que um indivíduo possui de expressar determinado fenótipo (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004), confirmando a importância de estudar matrizes de correlação fenotípica.

Outro coeficiente correlação que pode ser estimado é o ambiental ( $r_a$ ), que mostra como o meio influencia a relação entre os caracteres X e Y. Este coeficiente pode ser obtido, conforme descrito em Cruz e Regazzi (1997), utilizando informações do resíduo da análise de variância, por meio da equação:



$$r_a = \frac{(\hat{V}_r(X+Y) - \hat{V}_r(X) - \hat{V}_r(Y)) \div 2}{\sqrt{(\hat{V}_r(X)\hat{V}_r(Y))}} \quad (6)$$

Neste caso, uma correlação positiva indica que o ambiente age de forma a beneficiar ou não o incremento em ambos os caracteres e um coeficiente negativo, expressa uma influência diferente para cada um dos caracteres, ou seja, o ambiente beneficia a expressão de um caractere em detrimento do outro (CRUZ; REGAZZI, 1997). Bello et al. (2010) constataram correlações ambientais positivas e significativas entre os caracteres altura de planta e de espiga e peso de espiga e a produtividade de grãos de milho, e que caracteres com correlações positivas com a produtividade de grãos são importantes, por facilitarem o processo de seleção, em programas de melhoramento de plantas.

### 2.2.3 Pressuposições em análises multivariadas

Para proceder as análises de trilha e de regressão linear múltipla, que são metodologias multivariadas, é necessário o atendimento de pressuposições que são: normalidade multivariada, linearidade e multicolinearidade (HAIR et al., 2005). A violação de alguma dessas pressuposições acarreta estimativas pouco confiáveis dos efeitos diretos e indiretos e dos coeficientes de regressão, de caracteres explicativos sobre um principal (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

#### 2.2.3.1 Normalidade multivariada

As técnicas multivariadas são fundamentadas em uma distribuição normal dos dados, ou seja, o conjunto de caracteres, dois a dois, deve ser normalmente distribuído. A normalidade multivariada garante a normalidade univariada dos caracteres, mas a normalidade univariada não garante que eles sigam a mesma distribuição multivariada (HAIR et al., 2005). O diagnóstico de normalidade univariada pode ser realizado pela análise do formato da distribuição, curtose

(elevação ou achatamento da distribuição) e assimetria (desvio negativo ou positivo) dos dados ou por meio de testes estatísticos, dos quais Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov são os mais utilizados (HAIR et al., 2005). A normalidade multivariada é mais difícil de testar (HAIR et al., 2005), mas pode ser avaliada por meio de análise gráfica (MINGOTI, 2007) e testes estatísticos, como o de Shapiro-Willk multivariado generalizado por Royston (FERREIRA, 2008). No entanto, se para todos os caracteres a normalidade univariada for atendida, os afastamentos multivariados, em geral, não se tornam prejudiciais (HAIR et al., 2005).

Os efeitos nocivos da não-normalidade multivariada e da multicolinearidade sobre as estimativas de efeitos causais de trilha de caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos sobre a produtividade de grãos de milho, foram estudados por Toebe (2012). Esse autor concluiu que os efeitos adversos da violação da normalidade multivariada são inferiores aos ocasionados pela presença de multicolinearidade. Ainda, a transformação de dados para o atendimento da normalidade univariada possibilitou o atendimento multivariado desta pressuposição, em 43% dos casos em que a mesma tinha sido violada.

#### 2.2.3.2 Linearidade e multicolinearidade

Em análises simultâneas de caracteres, oscilações em determinado caracteres podem influenciar modificações em outro. No entanto, estas modificações podem não ser lineares (HAIR et al., 2005), o que não seria captado pela análise de trilha, que desdobra os coeficientes de correlação linear em efeitos diretos e indiretos de caracteres explicativos sobre um principal (CRUZ; REGAZZI, 1997). A linearidade das associações entre caracteres pode ser avaliada por meio de diagramas de dispersão, exame dos resíduos da análise de regressão ou matrizes de coeficientes de correlação linear (HAIR et al., 2005), que informam a magnitude desta associação (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004; CRUZ; REGAZZI, 1997). Ainda no sentido de avaliar a existência de relações lineares entre os caracteres, é importante o estudo das matrizes de coeficientes de correlação linear, uma vez que estas podem ocasionar interpretações equivocadas dos efeitos causais da análise de trilha e de regressão, por amostragem ineficiente, matrizes com

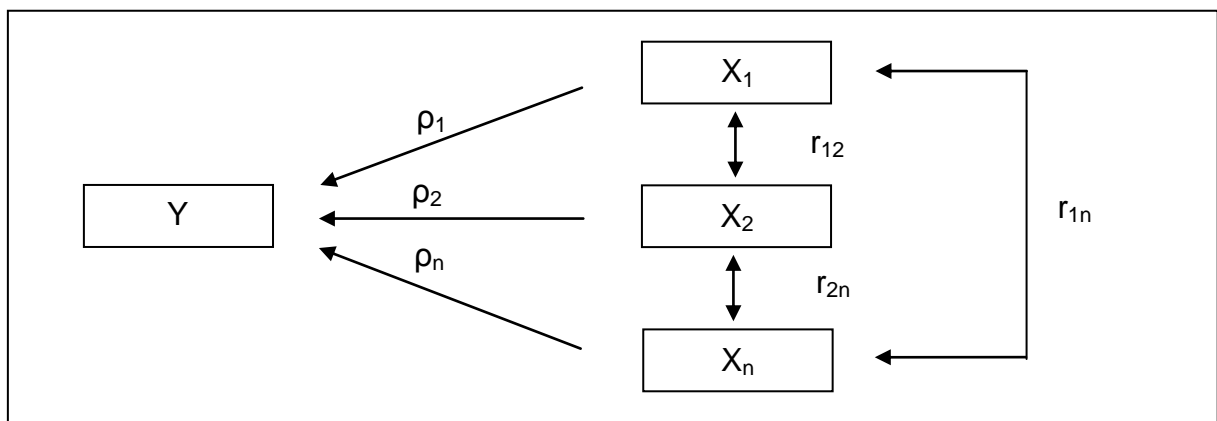
coeficientes de correlação genotípicos fora dos limites extremos (+1, -1) ou associados à baixa precisão experimental, ou ainda, pela presença de multicolinearidade (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

A multicolinearidade ocorre quando existem caracteres correlacionados. Quando esta correlação é perfeita inúmeros modelos de regressão podem ser ajustados aos dados, o que impossibilita a análise dos coeficientes de regressão e de trilha. Os efeitos adversos da multicolinearidade são maiores quanto maior for sua magnitude, e podem levar a estimativa de coeficientes de trilha e de regressão que não representem a real associação estudada. Nesse sentido, é importante, além de identificar sua presença, estimar sua magnitude. O diagnóstico de multicolinearidade, realizado na matriz de correlação entre os caracteres explicativos, informa a magnitude e permite ainda, a identificação dos caracteres causadores desse problema (CRUZ; CARVALHO, 2003).

O critério estabelecido por Montgomery e Peck (1982) permite a classificação da multicolinearidade, conforme sua magnitude. Matrizes de correlação com número de condição inferior a 100, entre 100 e 1000 e superior a 1000, possuem multicolinearidade fraca, moderada a forte e severa, respectivamente. Em presença de multicolinearidade moderada a forte e severa, duas medidas podem ser tomadas para reduzir seus efeitos nocivos. A eliminação dos caracteres causadores de multicolinearidade é a primeira delas. No entanto, quando a eliminação de caracteres não é interessante, a segunda medida é a análise de trilha em crista. (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Carvalho et al. (2001) consideraram a análise de trilha com o descarte de caracteres e em crista, metodologias adequadas para redução dos problemas advindos da multicolinearidade na estimativa dos efeitos diretos e indiretos de caracteres produtivos sobre o peso de grãos de milho. Já Toebe (2012), concluiu que a análise de trilha com a eliminação de variáveis explica melhor a produtividade de grãos de milho, com estimativas mais estáveis dos efeitos diretos dos caracteres explicativos, sendo mais adequada que a análise de trilha em crista.

### 2.2.4 Análise de trilha

Em experimentos com culturas agrícolas, é comum a mensuração de grande número de caracteres ( $X_1, X_2, \dots, X_n$  e  $Y$ ) e o estudo das correlações lineares existentes entre os mesmos torna-se importante. No entanto, os coeficientes de correlação linear fenotípico e genotípico não expressam os reais efeitos causais diretos e indiretos, uma vez que não consideram a influência dos outros caracteres em estudo sobre a associação. Assim, torna-se interessante a utilização de outras metodologias multivariadas, como a análise de trilha, que após padronização dos caracteres desdobra o coeficiente de correlação linear em efeitos diretos de um caractere explicativo ( $X_1$ ) sobre o principal ( $Y$ ) e efeitos indiretos via demais caracteres explicativos ( $X_2, \dots, X_n$ ) (Figura 2), tornando possível a indicação de caracteres potenciais para a seleção indireta, em programas de melhoramento genético de plantas (CARVALHO, LORENCETTI, BENIN, 2004; CRUZ; REGAZZI, 1997).



**Figura 2** – Diagrama de trilha ilustrativo dos respectivos efeitos causais diretos ( $\rho_1, \rho_2$  e  $\rho_n$ ) e efeitos interdependentes ( $r_{12}, r_{2n}, r_{1n}$ ) que definem os efeitos indiretos dos caracteres explicativos ( $X_1, X_2, X_n$ ) sobre o caractere principal ( $Y$ ). Adaptado de Carvalho, Lorencetti e Benin (2004).

A estimativa dos efeitos causais diretos ( $\hat{\rho}_1, \hat{\rho}_2, \dots, \hat{\rho}_n$ ) e indiretos de caracteres explicativos sobre o principal pode ser realizada por meio da resolução do seguinte sistema:

$$\begin{pmatrix} r_{Y1} \\ r_{Y2} \\ \vdots \\ r_{Yn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} \cdots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{\rho}_1 \\ \hat{\rho}_2 \\ \vdots \\ \hat{\rho}_n \end{pmatrix} \quad (7)$$

onde  $r_{Y1}, r_{Y2}, \dots, r_{Yn}$  são os coeficientes de correlação linear entre os caracteres explicativos ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) e o principal ( $Y$ ) e  $r_{12}, r_{1n}, \dots, r_{n2}$ , os coeficientes de correlação linear entre os caracteres explicativos. Os efeitos indiretos são obtidos pela multiplicação do efeito direto obtido resolvendo o sistema pelo coeficiente de correlação linear entre os caracteres explicativos, por exemplo, o efeito de  $X_1$  via  $X_2$  é dado por  $\hat{\rho}_2 r_{12}$  (CRUZ; REGAZZI, 1997).

A análise de trilha é uma ferramenta utilizada para estudar a influência, principalmente, dos componentes do rendimento sobre a produtividade de grãos das culturas agrícolas, uma vez que estes caracteres possuem, em geral, fácil mensuração e identificação e maior herdabilidade que a produtividade (CRUZ; REGAZZI, 1997). Estudos nesse sentido foram realizados em milho (ALVI et al., 2003; CARVALHO et al., 2001; LOPES et al., 2007; NEMATI et al., 2007), em tomateiro do grupo salada (RODRIGUES et al., 2010) e em trigo (VIEIRA et al., 2007).

O desdobramento dos coeficientes de correlação depende do número de caracteres (CRUZ; REGAZZI, 1997) e dos genótipos avaliados (LOPES et al., 2007). Nemani et al. (2007), investigaram as associações entre os caracteres de rendimento de milho, e por meio da análise de trilha, constataram que o número de grãos por espiga possui maior importância na seleção de cultivares com elevado rendimento. Aliado ao número de grãos por espiga, estes autores citam, o número de grãos por fileira e comprimento de grãos, como caracteres que podem ser utilizados na seleção indireta em programas de melhoramento de milho. Os caracteres número de espigas e peso de cinquenta grãos (CARVALHO et al., 2001) e os caracteres peso de espiga, número de grãos por espiga e número de dias da semeadura até 50% do espigamento (BELLO et al., 2010) também foram considerados promissores para a seleção indireta.

Para Alvi et al. (2003) o número de grãos por fileira, o peso de 1000 grãos e o comprimento de espiga, possuem efeitos diretos favoráveis sobre a produtividade de grãos de milho. O número de grãos por fileira, por sua vez, além de elevados efeitos

diretos possui efeitos indiretos via altura de planta e de espiga. Já Ahmad e Saleem (2003) concluíram que caracteres fenológicos possuem os maiores efeitos diretos sobre a produtividade de grãos de milho. A discordância entre os autores, quanto às estimativas dos efeitos diretos e indiretos, evidenciam a importância de ampliar os estudos nesse sentido.

### 2.2.5 Análise de regressão múltipla

Os coeficientes de correlação linear simples, embora muito importantes para o conhecimento das inter-relações entre dois caracteres (X, Y) não consideram a influência de demais caracteres em estudo. A análise de regressão múltipla também é uma metodologia utilizada quando se quer conhecer a influência de caracteres explicativos ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) sobre um principal (Y). Se mais de um caractere independente estiver contribuindo na expressão do caractere principal, a análise de regressão quantifica a influência de cada um deles ( $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ ), buscando estabelecer um modelo ( $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \text{erro}$ ) que possa ser utilizado na predição do caractere dependente (HAIR et al., 2005).

A análise de regressão múltipla foi utilizada por Colet et al. (2007) para verificar as contribuições de caracteres de solo no rendimento de grãos de milho. Já, a relevância dos componentes do rendimento na predição da produtividade de grãos de milho de variedades de polinização aberta foi avaliada por Balbinot Junior et al. (2005). Esses autores constataram que o número de grãos por fileira é o caractere que mais contribui positivamente para a produtividade de grãos, com coeficiente de determinação de 34,3%. No entanto, quando foram acrescentados outros caracteres no modelo de predição, este conseguiu explicar 68,1% da produtividade de grãos (BALBINOT JUNIOR et al., 2005).

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Experimentos

Foram conduzidos seis experimentos (três na safra agrícola 2009-2010 e três na safra agrícola 2010-2011) com a cultura de Milho (*Zea mays* L.), na área experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude de 29°42'S, longitude de 53°49'W e altitude 95m). O clima da região é classificado como fundamental Cfa subtropical úmido, conforme Köppen. O solo local é uma transição entre os solos Argissolo Vermelho Distrófico Arênico e Alissolo Hipocrômico Argilúvico Típico (STRECK et al., 2008).

Em cada uma das safras foram realizados três experimentos com cultivares precoces, superprecoces e transgênicas. Foram avaliadas 76 cultivares de milho na safra 2009-2010 (36 precoces, 22 superprecoces e 18 transgênicas) e 59 na safra 2010-2011 (23 precoces, nove superprecoces e 27 transgênicas), totalizando 135 cultivares avaliadas nos seis experimentos. Estas cultivares pertenciam à Rede de Avaliação de Cultivares de Milho do Rio Grande do Sul, coordenada pela Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. As características dessas cultivares estão listadas nos anexos A, B e C.

O delineamento utilizado em todos os experimentos foi de blocos casualizados, com três repetições. As unidades experimentais foram compostas de duas filas de cinco metros de comprimento, espaçadas em 0,8 metros. A semeadura, realizada manualmente em excesso foi corrigida com desbaste, resultando em uma população final de 62.500 plantas ha<sup>-1</sup>, ou seja, cinco plantas por metro linear. No ano agrícola 2009-2010, a semeadura foi realizada em 26 de outubro de 2009 e a emergência das plantas nas diferentes unidades experimentais ocorreu entre os dias 01 e 03 de novembro do mesmo ano. A adubação de base consistiu de 750 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K) na formulação 5-20-20 e a adubação de cobertura, com 450 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, foi fracionada em três aplicações, quando as plantas apresentavam três, cinco e dez folhas. Em 2010-2011, a semeadura foi realizada em 28 de outubro de 2010 e a emergência das

plantas entre os dias 08 e 14 de novembro de 2010. A adubação de base foi realizada com 500 kg ha<sup>-1</sup> de N-P-K, formulação 8-30-20 e a adubação de cobertura com 470 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, fracionada em duas aplicações, quando as plantas possuíam quatro e oito folhas expandidas, respectivamente. O controle de pragas e de plantas daninhas foi realizado de modo a não comprometer o desenvolvimento da cultura de milho.

### 3.2 Caracteres avaliados

Em cada unidade experimental foram marcadas, aleatoriamente, três plantas, nas quais foram mensurados os caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos em estudo. A média das três plantas amostradas foi considerada como valor observado na unidade. Foram considerados como caracteres fenológicos o número total de folhas por planta (NFO), o filocrono estimado com o número de folhas expandidas (FNFE) e o filocrono estimado com o número total de folhas (FNFTF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, o número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM) e o número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF). Os caracteres morfológicos foram altura de planta (AP) e altura de espiga (AE), em cm e os produtivos, peso de espiga despalhada (PE), número de fileiras de grãos por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup>.

Na maturidade fisiológica, os caracteres AP e AE foram mensurados com o uso de réguas milimetradas. Posteriormente, as espigas foram colhidas, despalhadas e identificadas para avaliação dos caracteres produtivos. As espigas foram pesadas, em balança de precisão (1 g), foram contados o NFI e mensurados o CE e o DE, com auxílio de régua milimetrada e paquímetro, respectivamente. Após, foi realizada a debulha, o sabugo foi pesado, em balança de precisão (1 g) e o DS mensurado com paquímetro. Foram pesados 20 grãos, em balança de precisão de 0,0001 g e a MCG obtida multiplicando-se o peso de 20 grãos por cinco. A produtividade de grãos foi obtida pela diferença entre o peso de espiga e o peso de sabugo.



Para o cálculo do FNFE e do FNTF, foram contados a cada dois dias o número de folhas expandidas e o número total de folhas emitidas por planta respectivamente. Após, foi ajustada uma regressão linear simples entre o número de folhas expandidas ou número total de folhas (variáveis dependentes) e a soma térmica acumulada (variável independente). O filocrono, em °C dia folha<sup>-1</sup>, foi estimado pelo inverso do coeficiente angular desta regressão (BAKER; REDDY, 2001). Os dados diários de temperaturas mínima e máxima do ar foram coletados em estação meteorológica convencional, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia. A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada de acordo com Arnold (1960):

$$STd = (Tmed - Tb) \quad (8)$$

Onde: Tmed é a temperatura média do ar, calculada pela média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima diárias do ar; e, Tb é a temperatura base para a cultura do milho, de 10°C (MOTA, 1979). A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir do dia de emergência foi calculada por:

$$STa = \sum STd. \quad (9)$$

### 3.3 Análises estatísticas

Foi realizada a análise de variância para os 15 caracteres, conforme o modelo matemático do delineamento de blocos casualizados  $Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$ , onde  $Y_{ij}$  é o valor observado do caractere Y, na cultivar i e na unidade experimental j, m é uma constante,  $t_i$  é o efeito fixo da cultivar i,  $b_j$  o efeito aleatório de bloqueamento e  $e_{ij}$  o efeito aleatório correspondente ao erro experimental da observação da cultivar i na unidade experimental j. Foram estimados os graus de liberdade de cultivar (GLc) e resíduo (GLr), o quadrado médio de cultivar (QMc) e resíduo (QMr) e valor do teste F para cultivar ( $F_c = QMc/QMr$ ). A hipótese  $H_0: t_i=0$ , para todo i (médias das cultivares não diferem) foi rejeitada em favor de  $H_1: t_i \neq 0$  para algum i (pelo menos um contraste de médias difere) quando  $F_c \geq F_{5\%(GLc;GLr)}$  (STORCK et al., 2006). Para conferir credibilidade à análise de variância, foram realizados os testes de *Kolmogorov-Smirnov*, *Bartlett*, Não-aditividade de *Tukey* e *Run Test* para verificar o atendimento

às pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias residuais, aditividade dos efeitos do modelo matemático ( $m$ ;  $t_i$ ;  $b_j$ ;  $e_{ij}$ ) e aleatoriedade dos efeitos residuais, respectivamente. As médias das cultivares foram comparadas posteriormente, pelo teste de *Scott e Knott (1974)*, a 5% de probabilidade.

Foram estimados os coeficientes correlação fenotípica ou coeficientes de correlação linear de Pearson ( $r$ ) entre os 15 caracteres avaliados para cada um dos seis experimentos, pela seguinte expressão:

$$r = \frac{\text{Côv}(X, Y)}{\sqrt{\hat{V}(X)\hat{V}(Y)}} \quad (10)$$

Sendo:

$$\text{Côv}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n-1}; \hat{V}(X) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \text{ e } \hat{V}(Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1} \quad (11)$$

Onde:  $\text{Côv}(X, Y)$  é a estimativa de covariância entre os caracteres X e Y,  $\hat{V}(X)$  e  $\hat{V}(Y)$  as variâncias de X e Y, respectivamente e n o número de cultivares (CRUZ; REGAZZI, 1997).

A significância dos coeficientes ( $r$ ) foi obtida pelo teste t, associado a n-2 graus de liberdade, por meio de:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2} \quad (12)$$

A hipótese  $H_0: r=0$  (coeficiente de correlação igual a zero) é rejeitada em favor de  $H_1: r \neq 0$  (coeficiente de correlação diferente de zero) se  $|r| \geq r(\alpha, n-2)$  (CRUZ; REGAZZI, 1997).

O caractere produtividade de grãos de milho (PRO) foi considerado principal e os demais (NFO, FNFE, FNTF, FM, FF, AP, AE, PE, NFI, CE, DE, PS, DS e MCG) explicativos. Os coeficientes de correlação com o caractere principal foram excluídos momentaneamente da matriz, para realização do diagnóstico de multicolinearidade (CRUZ, 2006) somente entre os caracteres explicativos, em todos os experimentos. A magnitude da multicolinearidade foi verificada e classificada conforme o critério de Montgomery e Peck (1982), descrito em Cruz e Carneiro (2003). Para as matrizes que apresentaram multicolinearidade moderada a forte ou severa, foi realizado o descarte dos caracteres causadores deste problema, para posterior análise de trilha e de regressão múltipla (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

O coeficiente de correlação linear de Pearson entre os caracteres explicativos que permaneceram na análise e a produtividade de grãos foram desdobrados em efeitos diretos e indiretos por meio de análise de trilha, de uma cadeia, conforme a metodologia descrita em Cruz e Regazzi (1997). Posteriormente, a análise de regressão múltipla de stepwise (CRUZ, 2006) foi realizada, também para verificar quais caracteres, dentre os considerados explicativos estão envolvidos na predição da produtividade de grãos de milho e qual a contribuição de cada um deles. Para um caractere entrar ou sair do modelo, foi utilizado um  $\alpha = 0,05$ .

As análises foram realizadas com auxílio do aplicativo Office Excel, do Programa Genes (CRUZ, 2006) e do Software SAS<sup>®</sup> (SAS, 2002), com nível de significância  $\alpha = 0,05$ .

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 15 caracteres em cada um dos seis experimentos, totalizando 90 casos. Destes casos, 100%, 88,89%, 94,44% e 96,67% atenderam as pressuposições de normalidade dos resíduos, homogeneidade das variâncias residuais, aditividade dos efeitos de média, cultivar, bloco e resíduo e aleatoriedade dos efeitos residuais, respectivamente (Tabelas 1 a 6). Marques et al. (2000) estudando a qualidade de ensaios de competição de cultivares de milho no Rio Grande do Sul, pela frequência de atendimento dessas pressuposições constataram que o não atendimento de alguma pressuposição, mesmo em poucos casos, pode caracterizar experimentos de precisão baixa. No entanto, as estatísticas de precisão valor do teste F para cultivar ( $F_c$ ) e acurácia seletiva (AS) mostraram que a precisão experimental oscilou, em geral, entre alta ( $1,96 \leq F_c < 5,26$ ;  $0,7 \leq AS < 0,9$ ) e muito alta ( $F_c \geq 5,26$ ;  $AS \geq 0,9$ ) (Tabelas 1 a 6), conferindo credibilidade aos experimentos e aos resultados obtidos. Essas estatísticas foram consideradas mais adequadas para a classificação da precisão experimental em experimentos de milho do que o coeficiente de variação (CV) (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2009).

Segundo Resende e Duarte (2007), em experimentos de avaliação de cultivares, independentemente da cultura avaliada, valores de teste F para o efeito de cultivar superiores a 5,26 são suficientes para obtenção de valores de acurácia seletiva superiores a 0,9. Para os caracteres peso de espiga (PE), comprimento de espiga (CE), peso de sabugo (PS) e produtividade de grãos de milho (PRO), do experimento superprecoce de 2010-2011, onde os valores de F para cultivar foram inferiores a um, não foi possível a estimativa dos valores de acurácia seletiva (Tabela 4) (RESENDE; DUARTE, 2007). Esses autores também concluíram que o número de repetições comumente utilizados em experimentos com cultivares (2 a 4 repetições), é insuficiente para alcançar valores de AS iguais a 0,9, para caracteres de produção. Esse resultado, então, pode ser causado por insuficiência amostral, uma vez que o experimento em questão era constituído de apenas nove cultivares e três repetições, por ausência de divergência genética entre as cultivares, ou ainda, por algum efeito não computado no modelo (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2007).

A análise de variância (anova) para os caracteres avaliados em cada um dos seis experimentos evidenciou, em geral, a existência de variabilidade genética entre as cultivares de milho de ciclos precoce e superprecoce e cultivares transgênicas (Tabelas 1 a 6). A variabilidade genética é importante e possibilita estudos de correlações lineares, com a finalidade de indicação de caracteres promissores para a seleção em programas de melhoramento genético de plantas, uma vez que a existência de variabilidade genética entre as cultivares permite a obtenção de maiores ganhos genéticos (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004). Casos em que a anova não revelou médias de cultivares diferentes, estão associados a valores de AS moderados ( $0,5 \leq AS < 0,7$ ) (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2009) ou a quadrados médios do resíduo superiores aos de cultivares (Tabelas 3 e 4).

**Tabela 1**– Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares de milho de ciclo precoce, conduzido no ano agrícola 2009-2010.

Caracteres <sup>(1)</sup>	QM <sub>c</sub>	QM <sub>r</sub>	CV	F <sub>c</sub>	AS	Norm	Homog	Adit	Aleat
NFO	3,05*	0,46	3,06	6,69	0,92	0,52	0,13	0,66	0,72
FNFE	11,53*	3,02	3,69	3,82	0,86	0,99	0,58	0,97	0,45
FNTF	10,85*	3,02	3,83	3,59	0,85	1,00	0,66	0,14	0,56
FM	24,55*	5,17	3,05	4,74	0,89	0,79	0,76	0,70	0,70
FF	51,51*	6,14	3,21	8,39	0,94	0,59	0,65	0,13	0,40
AP	348,66*	97,52	5,16	3,58	0,85	0,91	0,09	0,23	0,45
AE	476,29*	91,02	9,80	5,23	0,90	0,65	0,66	0,06	0,56
PE	1.903,43*	595,97	16,54	3,19	0,83	0,93	0,18	0,24	0,70
NFI	4,62*	0,82	6,25	5,63	0,91	0,64	0,12	0,28	0,97
CE	5,04*	1,77	8,46	2,85	0,81	0,84	0,22	0,66	0,00
DE	35,83*	5,53	5,34	6,47	0,92	0,37	0,03	0,95	0,43
PS	41,18*	13,86	16,18	2,97	0,81	0,97	0,67	0,05	0,44
DS	18,07*	2,38	6,13	7,58	0,93	0,88	0,36	0,96	0,84
MCG	26,69*	7,91	9,85	3,37	0,84	0,83	0,05	0,97	0,25
PRO	1.616,24*	461,27	17,24	3,50	0,85	0,95	0,34	0,24	0,97

<sup>(1)</sup>NFO= número de folhas por planta; FNFE=filocrono estimado com o número de expandidas; FNTF= filocrono estimado com o número total de folhas, em °C dia folha<sup>-1</sup>; FM=número de dias da semeadura até o florescimento masculino; FF=número de dias da semeadura até o florescimento feminino; AP=altura de planta, em cm; AE=altura de inserção de espiga, em cm; PE=peso de espiga, em g; NFI=número de fileiras de grãos por espiga; CE=comprimento de espiga, em cm; DE=diâmetro de espiga, em mm; PS=peso de sabugo, em g; DS=diâmetro de sabugo, em mm; MCG=massa de cem grãos, em g; PRO=produtividade de grãos, em g espiga<sup>-1</sup>.

\*Efeito significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 2** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares de milho de ciclo precoce, conduzido no ano agrícola 2010-2011.

Caracteres <sup>(1)</sup>	QM <sub>c</sub>	QM <sub>r</sub>	CV	F <sub>c</sub>	AS	Norm	Homog	Adit	Aleat
NFO	5,57*	0,43	2,85	13,00	0,96	0,66	0,14	0,78	0,39
FNFE	15,43*	2,00	3,52	7,70	0,93	1,00	0,72	0,48	0,71
FNTF	25,19*	4,48	5,59	5,62	0,91	0,98	0,27	0,21	0,07
FM	28,99*	2,19	2,03	13,25	0,96	0,96	0,34	0,41	0,12
FF	60,89*	3,06	2,26	19,93	0,97	0,86	0,15	0,65	0,73
AP	757,91*	142,57	4,92	5,32	0,90	0,74	0,25	0,24	0,92
AE	412,27*	81,92	6,32	5,03	0,90	0,99	0,54	0,33	0,90
PE	3.750,30*	1.649,76	26,11	2,27	0,75	0,80	0,29	0,33	0,54
NFI	6,98*	2,11	9,69	3,30	0,83	0,59	0,17	0,49	0,71
CE	13,71*	2,94	10,63	4,66	0,89	0,81	0,02	0,15	0,39
DE	33,48*	8,15	6,18	4,11	0,87	0,97	0,34	0,49	0,72
PS	62,21*	26,02	19,90	2,39	0,76	0,79	0,11	0,45	0,18
DS	17,77*	2,77	6,36	6,42	0,92	0,98	0,48	0,74	0,42
MCG	53,07*	14,81	10,70	3,58	0,85	0,62	0,02	0,15	0,44
PRO	3.327,07*	1.331,07	28,08	2,50	0,77	0,80	0,24	0,30	0,54

<sup>(1)</sup>NFO= número de folhas por planta; FNFE=filocrono estimado com o número de expandidas; FNTF= filocrono estimado com o número total de folhas, em °C dia folha<sup>-1</sup>; FM=número de dias da semeadura até o florescimento masculino; FF=número de dias da semeadura até o florescimento feminino; AP=altura de planta, em cm; AE=altura de inserção de espiga, em cm; PE=peso de espiga, em g; NFI=número de fileiras de grãos por espiga; CE=comprimento de espiga, em cm; DE=diâmetro de espiga, em mm; PS=peso de sabugo, em g; DS=diâmetro de sabugo, em mm; MCG=massa de cem grãos, em g; PRO=produtividade de grãos, em g espiga<sup>-1</sup>.

\*Efeito significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 3** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QMc) e resíduo (QMr), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (Fc), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares de milho de ciclo superprecoce, conduzido no ano agrícola 2009-2010.

Caracteres	QMc	QMr	CV	Fc	AS	Norm	Homog	Adit	Aleat
NFO	3,94*	0,24	2,30	16,18	0,97	0,81	0,21	0,84	0,15
FNFE	11,11*	2,01	3,06	5,52	0,90	0,84	0,66	0,26	0,70
FNFT	16,89*	2,61	3,58	6,46	0,92	0,92	0,70	0,14	0,22
FM	20,50*	3,49	2,61	5,87	0,91	0,89	0,51	0,76	0,99
FF	30,03*	5,25	3,11	5,72	0,91	0,86	0,50	0,47	0,83
AP	335,16*	76,19	4,32	4,40	0,88	0,92	0,74	0,62	0,14
AE	520,58*	61,02	7,99	8,53	0,94	0,93	0,78	0,60	0,14
PE	1.200,57 <sup>ns</sup>	754,51	17,11	1,59	0,61	0,79	0,08	0,93	0,70
NFI	6,03*	1,11	7,07	5,42	0,90	0,37	0,71	0,70	0,00
CE	5,01*	1,89	7,96	2,65	0,79	0,76	0,05	0,68	0,75
DE	14,69*	5,62	5,40	2,62	0,79	0,51	0,49	0,25	0,61
PS	43,24*	15,82	16,37	2,73	0,80	0,94	0,10	0,54	0,13
DS	12,32*	1,88	5,50	6,57	0,92	0,46	0,79	0,05	0,22
MCG	20,53*	8,17	9,54	2,51	0,78	0,70	0,76	0,92	0,70
PRO	1.174,21*	600,86	18,00	1,95	0,70	0,73	0,16	0,90	0,41

<sup>(1)</sup>NFO= número de folhas por planta; FNFE=filocrono estimado com o número de expandidas; FNFT= filocrono estimado com o número total de folhas, em °C dia folha<sup>-1</sup>; FM=número de dias da semeadura até o florescimento masculino; FF=número de dias da semeadura até o florescimento feminino; AP=altura de planta, em cm; AE=altura de inserção de espiga, em cm; PE=peso de espiga, em g; NFI=número de fileiras de grãos por espiga; CE=comprimento de espiga, em cm; DE=diâmetro de espiga, em mm; PS=peso de sabugo, em g; DS=diâmetro de sabugo, em mm; MCG=massa de cem grãos, em g; PRO=produtividade de grãos, em g espiga<sup>-1</sup>.

\*Efeito significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo

**Tabela 4** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QMc) e resíduo (QMr), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (Fc), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares de milho de ciclo superprecoce, conduzido no ano agrícola 2010-2011.

Caracteres	QMc	QMr	CV	Fc	AS	Norm	Homog	Adit	Aleat
NFO	7,40*	0,23	2,22	31,63	0,98	0,63	0,83	0,76	0,32
FNFE	18,09*	1,98	3,42	9,14	0,94	0,89	0,32	0,56	0,53
FNFT	34,91*	6,52	6,38	5,36	0,90	0,48	0,44	0,39	0,19
FM	15,09*	1,83	1,93	8,26	0,94	0,68	0,03	0,71	0,83
FF	25,49*	3,97	2,71	6,43	0,92	0,99	0,18	0,00	1,00
AP	730,94*	83,68	8,74	4,12	0,87	0,96	0,75	0,72	1,00
AE	141,36*	35,08	4,56	4,03	0,87	0,76	0,89	0,64	0,32
PE	1.173,37 <sup>ns</sup>	2.003,55	34,17	0,59		1,00	0,19	0,60	0,47
NFI	13,49*	2,84	11,56	4,75	0,89	0,95	0,21	0,83	0,44
CE	2,91 <sup>ns</sup>	5,47	15,60	0,53		0,94	0,38	0,69	0,44
DE	13,96 <sup>ns</sup>	8,24	6,34	1,69	0,64	0,92	0,12	0,61	0,13
PS	29,35 <sup>ns</sup>	34,66	26,52	0,85		0,98	0,65	0,87	1,00
DS	7,44*	2,20	5,66	3,39	0,84	0,62	0,04	0,73	0,69
MCG	33,05*	7,42	8,08	4,45	0,88	0,44	0,04	0,04	0,44
PRO	985,60 <sup>ns</sup>	1.586,45	36,60	0,62		0,96	0,24	0,47	0,47

<sup>(1)</sup>NFO= número de folhas por planta; FNFE=filocrono estimado com o número de expandidas; FNFT= filocrono estimado com o número total de folhas, em °C dia folha<sup>-1</sup>; FM=número de dias da semeadura até o florescimento masculino; FF=número de dias da semeadura até o florescimento feminino; AP=altura de planta, em cm; AE=altura de inserção de espiga, em cm; PE=peso de espiga, em g; NFI=número de fileiras de grãos por espiga; CE=comprimento de espiga, em cm; DE=diâmetro de espiga, em mm; PS=peso de sabugo, em g; DS=diâmetro de sabugo, em mm; MCG=massa de cem grãos, em g; PRO=produtividade de grãos, em g espiga<sup>-1</sup>.

\*Efeito significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo



**Tabela 5** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QMc) e resíduo (QMr), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (Fc), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares transgênicas de milho, conduzido no ano agrícola 2009-2010.

Caracteres	QMc	QMr	CV	Fc	AS	Norm	Homog	Adit	Aleat
NFO	3,57*	0,27	2,40	13,19	0,96	0,83	0,60	0,87	0,78
FNFE	14,17*	1,25	2,44	11,31	0,95	0,98	0,22	0,23	0,10
FNFT	11,25*	1,38	2,64	8,17	0,94	0,98	0,32	0,05	0,75
FM	32,10*	2,18	2,07	14,76	0,97	0,27	0,96	0,06	0,79
FF	51,49*	2,25	2,04	22,91	0,98	0,70	0,74	0,70	0,61
AP	635,72*	36,92	2,81	17,22	0,97	0,96	0,13	0,29	0,41
AE	1.004,97*	47,04	6,46	21,37	0,98	0,85	0,97	0,84	0,78
PE	1.115,31*	343,24	10,65	3,25	0,83	0,85	0,67	0,86	0,64
NFI	5,23*	0,57	4,96	9,15	0,94	0,48	0,66	0,60	0,03
CE	4,34*	0,73	4,95	5,93	0,91	0,75	0,83	0,64	0,78
DE	18,88*	4,13	4,60	4,57	0,88	0,56	0,33	0,39	0,85
PS	75,38*	7,45	11,99	10,11	0,95	0,94	0,61	0,98	0,19
DS	12,20*	2,13	6,19	5,74	0,91	0,96	0,29	0,32	0,41
MCG	18,29*	2,98	5,84	6,14	0,91	0,97	0,39	0,29	0,01
PRO	907,50*	267,21	10,81	3,40	0,84	0,91	0,49	0,77	0,64

<sup>(1)</sup>NFO= número de folhas por planta; FNFE=filocrono estimado com o número de expandidas; FNFT= filocrono estimado como número total de folhas, em °C dia folha<sup>-1</sup>; FM=número de dias da semeadura até o florescimento masculino; FF=número de dias da semeadura até o florescimento feminino; AP=altura de planta, em cm; AE=altura de inserção de espiga, em cm; PE=peso de espiga, em g; NFI=número de fileiras de grãos por espiga; CE=comprimento de espiga, em cm; DE=diâmetro de espiga, em mm; PS=peso de sabugo, em g; DS=diâmetro de sabugo, em mm; MCG=massa de cem grãos, em g; PRO=produtividade de grãos, em g espiga<sup>-1</sup>.

\*Efeito significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 6** – Estimativas dos quadrados médios de cultivar (QM<sub>c</sub>) e resíduo (QM<sub>r</sub>), coeficiente de variação (CV), valor do teste F calculado para cultivar (F<sub>c</sub>), acurácia seletiva (AS) e p-valores dos testes de atendimento às pressuposições de análise de variância, normalidade (Norm) e homogeneidade (Hom) dos erros, aditividade (Adit) e aleatoriedade dos efeitos (Aleat), para caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas de milho, de um experimento com cultivares transgênicas de milho, conduzido no ano agrícola 2010-2011.

Caracteres	QM <sub>c</sub>	QM <sub>r</sub>	CV	F <sub>c</sub>	AS	Norm	Homog	Adit	Aleat
NFO	3,08*	0,29	2,48	10,67	0,95	0,74	0,16	0,22	0,76
FNFE	8,96*	2,16	3,64	4,14	0,87	0,88	0,69	0,41	0,90
FNFT	25,23*	5,02	5,59	5,02	0,89	0,99	0,24	0,17	0,33
FM	14,00*	0,97	1,42	14,47	0,96	0,64	0,16	0,68	0,44
FF	33,70*	2,33	2,09	14,44	0,96	0,97	0,44	0,57	0,90
AP	750,26*	66,30	3,15	11,32	0,95	0,63	0,35	0,40	0,91
AE	521,78*	70,02	5,78	7,45	0,93	0,93	0,39	0,99	0,71
PE	2.009,53*	868,49	17,75	2,31	0,75	0,96	0,14	0,47	0,74
NFI	10,71*	2,17	8,66	4,94	0,89	0,96	0,64	0,01	0,94
CE	4,66*	1,07	6,48	4,36	0,88	0,92	0,67	0,86	0,74
DE	22,05*	7,20	5,71	3,06	0,82	0,67	0,04	0,06	0,32
PS	51,10*	17,35	18,26	2,94	0,81	0,73	0,15	0,70	0,17
DS	8,43*	2,80	6,60	3,02	0,82	0,41	0,05	0,44	0,02
MCG	25,96*	5,97	7,24	4,35	0,88	0,49	0,10	0,14	0,69
PRO	2.004,82*	695,69	18,41	2,88	0,81	1,00	0,15	0,55	0,41

<sup>(1)</sup>NFO= número de folhas por planta; FNFE=filocrono estimado com o número de expandidas; FNFT= filocrono estimado como número total de folhas, em °C dia folha<sup>-1</sup>; FM=número de dias da sementeira até o florescimento masculino; FF=número de dias da sementeira até o florescimento feminino; AP=altura de planta, em cm; AE=altura de inserção de espiga, em cm; PE=peso de espiga, em g; NFI=número de fileiras de grãos por espiga; CE=comprimento de espiga, em cm; DE=diâmetro de espiga, em mm; PS=peso de sabugo, em g; DS=diâmetro de sabugo, em mm; MCG=massa de cem grãos, em g; PRO=produtividade de grãos, em g espiga<sup>-1</sup>.

\*Efeito significativo pelo teste F com 5% de probabilidade de erro.

O teste de comparação de médias de Scott e Knott (1974) confirmou, em geral, os resultados obtidos na análise de variância (Tabelas 7 a 12). A média do número de folhas (NFO) por cultivar de ciclo precoce oscilou entre 19,7 e 23,9 e entre 20,3 e 25,9, respectivamente para os experimentos realizados nos anos agrícolas de 2009-2010 e 2010-2011 (Tabela 7 e 8). Para as cultivares de ciclo superprecoces, as menores médias, do caractere NFO foram de 19,4 e 19,6, enquanto as maiores entre 23,6 e 23,8 folhas, respectivamente para a primeira e segunda safras avaliadas (Tabela 9 e 10). As cultivares transgênicas de milho tiveram número médio de folhas oscilando entre 20,3 e 24,3 no ano agrícola de 2009-2010 e entre 20,3 e 23,8 em 2010-2011 (Tabela 11 e 12). Esses resultados mostram que o número médio de folhas, das cultivares de milho, em geral, oscilaram entre valores bastante semelhantes, em ambos os anos agrícolas.

**Tabela 7** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTE), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM), número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (PS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) precoce de milho avaliada no experimento da safra 2009-2010.

Cult <sup>(1)</sup>	NFO	FNFE	FNTE	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	PS	DS	MCG	PRO
1	22,1 b*	46,4 c	44,3 c	74,1 c	77,8 c	188,0 b	86,2 c	155,4 a	16,0 b	15,9 a	43,2 c	24,8 a	24,2 d	28,9 b	130,7 a
2	22,7 b	45,7 c	44,8 c	75,0 c	78,9 b	191,8 a	90,3 c	152,4 a	17,1 a	17,3 a	44,6 b	25,2 a	24,1 d	28,9 b	127,2 a
3	22,0 b	50,2 b	48,6 a	80,8 a	85,9 a	206,0 a	101,3 b	114,6 b	13,1 d	14,3 b	39,0 d	22,7 b	24,9 c	27,9 c	91,9 b
4	23,4 a	45,3 c	44,4 c	77,1 b	79,6 b	207,0 a	113,7 a	164,8 a	13,6 d	16,5 a	44,0 b	23,1 b	23,9 d	30,8 b	141,7 a
5	20,6 d	48,0 b	45,4 c	71,0 c	72,8 d	187,9 b	95,7 c	177,1 a	13,6 d	18,2 a	44,3 b	23,1 b	24,1 d	33,6 a	154,0 a
6	21,9 c	49,2 b	49,0 a	78,2 a	83,3 a	177,1 b	72,8 c	104,0 b	13,3 d	13,0 b	40,1 d	17,9 b	24,2 d	29,6 b	86,1 b
7	23,1 a	47,1 c	43,9 c	77,1 b	84,8 a	196,4 a	112,4 a	159,7 a	17,3 a	17,2 a	45,1 b	21,7 b	25,2 c	29,9 b	138,0 a
8	21,6 c	47,3 c	44,5 c	73,4 c	75,4 c	193,2 a	97,8 b	156,0 a	14,4 c	14,2 b	46,3 b	25,2 a	26,2 c	27,4 c	130,8 a
9	23,6 a	45,0 c	44,8 c	76,0 b	76,3 c	179,1 b	109,9 a	155,0 a	15,1 b	15,4 b	45,3 b	17,1 b	24,0 d	27,4 c	137,9 a
10	22,4 b	46,6 c	43,6 c	75,7 b	81,1 b	192,8 a	102,9 b	99,4 b	14,7 c	15,0 b	38,2 d	22,6 b	23,3 d	28,5 b	76,9 b
11	20,7 d	48,8 b	47,7 b	73,7 c	78,8 b	194,2 a	79,4 c	148,3 a	15,9 b	16,0 a	43,4 c	27,3 a	24,4 c	29,1 b	121,0 a
12	21,6 c	47,9 b	47,3 b	74,6 c	76,1 c	188,6 b	84,4 c	183,0 a	17,2 a	16,7 a	48,6 a	31,7 a	29,7 a	29,1 b	151,3 a
13	22,9 b	44,6 c	42,1 c	72,7 c	74,1 d	180,7 b	85,4 c	154,3 a	14,7 c	14,5 b	46,7 b	24,0 a	27,6 b	27,5 c	130,3 a
14	21,4 c	48,9 b	46,6 b	73,3 c	74,7 d	194,3 a	101,4 b	130,6 b	14,2 c	16,0 a	41,9 c	20,7 b	25,6 c	24,0 c	109,9 b
15	21,2 c	47,7 b	45,5 c	74,0 c	77,6 c	198,9 a	99,8 b	126,8 b	14,2 c	16,2 a	39,9 d	20,2 b	23,1 d	27,6 c	106,6 b
16	22,0 b	44,0 c	43,1 c	72,7 c	73,3 d	181,2 b	86,6 c	138,3 a	14,7 c	15,1 b	44,8 b	20,8 b	26,2 c	24,9 c	117,6 a
17	22,2 b	45,7 c	43,6 c	71,6 c	72,0 d	182,2 b	91,3 c	111,0 b	12,9 d	13,6 b	40,6 d	14,3 b	22,2 d	25,6 c	96,7 b
18	22,3 b	48,2 b	46,0 b	78,0 a	79,3 b	171,3 b	88,7 c	121,8 b	14,0 c	16,1 a	40,2 d	20,9 b	23,7 d	23,8 c	100,9 b
19	22,6 b	46,3 c	43,6 c	75,0 c	78,6 b	198,8 a	99,8 b	174,2 a	15,8 b	17,0 a	45,9 b	27,1 a	25,0 c	27,7 c	147,1 a
20	21,2 c	50,1 b	46,4 b	74,0 c	79,2 b	200,6 a	114,3 a	113,6 b	13,6 d	15,0 b	42,3 c	22,9 b	25,7 c	28,4 b	90,7 b
21	23,9 a	46,5 c	43,4 c	80,7 a	87,1 a	191,0 a	98,6 b	79,3 b	14,3 c	13,7 b	34,3 e	18,1 b	20,8 d	22,8 c	61,2 b
22	22,4 b	45,2 c	43,4 c	72,3 c	75,1 c	194,2 a	94,8 c	148,9 a	12,9 d	15,3 b	45,1 b	20,3 b	25,0 c	28,8 b	128,6 a
23	20,6 d	46,3 c	44,6 c	69,8 c	71,0 d	199,7 a	93,4 c	167,8 a	13,8 c	18,2 a	43,3 c	22,4 b	22,7 d	30,1 b	145,3 a
24	21,7 c	43,8 c	44,2 c	70,1 c	70,6 d	203,8 a	87,3 c	153,3 a	12,9 d	16,5 a	43,9 b	22,6 b	22,9 d	29,4 b	130,8 a
25	22,3 b	46,5 c	46,0 b	75,4 b	75,9 c	216,4 a	124,3 a	170,6 a	14,4 c	16,1 a	46,3 b	22,7 b	24,6 c	30,3 b	147,9 a
26	23,6 a	47,0 c	46,6 b	79,8 a	83,8 a	209,8 a	108,6 a	153,8 a	14,2 c	17,4 a	43,4 c	22,6 b	23,1 d	28,6 b	131,2 a
27	22,7 b	47,2 c	45,0 c	75,0 c	77,4 c	195,6 a	97,0 b	182,8 a	14,0 c	15,3 b	50,0 a	27,4 a	30,6 a	31,5 a	155,3 a
28	20,9 d	48,4 b	46,4 b	72,6 c	74,1 d	189,9 b	97,7 b	169,6 a	15,6 b	14,9 b	51,0 a	24,9 a	30,6 a	30,5 b	144,7 a
29	21,7 c	46,9 c	45,6 c	72,9 c	73,9 d	192,7 a	111,0 a	142,3 a	16,0 b	13,6 b	50,1 a	28,7 a	32,0 a	23,8 c	113,7 b
30	22,6 b	46,0 c	43,8 c	73,7 c	76,7 c	183,1 b	111,9 a	159,0 a	13,8 c	15,9 a	46,3 b	24,0 a	25,3 c	32,4 a	135,0 a
31	23,2 a	46,0 c	43,7 c	75,9 b	76,8 c	184,2 b	108,6 a	182,1 a	12,4 d	16,4 a	47,7 a	31,2 a	26,7 c	33,8 a	150,9 a
32	19,7 d	54,0 a	50,9 a	72,4 c	72,9 d	185,0 b	84,2 c	150,9 a	13,3 d	15,7 a	42,7 c	18,6 b	22,9 d	33,8 a	132,3 a
33	20,8 d	47,4 c	47,9 b	70,9 c	73,6 d	179,6 b	76,7 c	141,4 a	15,3 b	16,3 a	43,3 c	19,9 b	26,0 c	23,4 c	121,6 a
34	22,4 b	47,7 b	47,1 b	76,8 b	77,1 c	201,7 a	117,3 a	173,3 a	14,2 c	17,2 a	44,7 b	22,1 b	23,9 d	34,0 a	151,2 a
35	23,4 a	45,1 c	44,6 c	78,7 a	80,2 b	174,4 b	102,0 b	148,0 a	14,7 c	14,1 b	46,6 b	25,9 a	27,7 b	27,7 c	122,1 a
36	21,0 d	46,3 c	44,6 c	71,3 c	72,9 d	172,2 b	77,8 c	149,6 a	14,2 c	16,5 a	42,9 c	23,8 a	25,2 c	26,4 c	125,8 a

<sup>(1)</sup> Nome e características das cultivares estão listadas no anexo A.

\*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott e Knott (1974), com 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 8** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (PS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) precoce de milho avaliada no experimento da safra 2010-2011.

Cult <sup>(1)</sup>	NFO	FNFE	FNTF	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	PS	DS	MCG	PRO
1	23,1 c*	40,8 c	42,0 a	72,9 c	77,2 c	268,0 a	147,7 b	210,1 a	14,9 b	17,7 a	46,0 b	33,6 a	24,3 c	38,3 a	176,6 a
2	22,4 c	41,1 c	37,5 b	73,3 c	76,1 c	254,9 a	145,8 b	165,1 a	14,9 b	15,7 b	46,1 b	28,2 a	25,7 c	37,3 a	136,9 b
3	24,3 b	38,4 c	36,6 b	73,8 c	78,7 c	269,3 a	162,8 a	149,7 b	13,8 b	16,5 a	45,0 b	25,1 b	25,2 c	36,6 a	124,6 b
4	21,9 d	39,0 c	37,2 b	69,8 d	73,2 d	240,2 b	141,7 c	205,3 a	14,2 b	17,6 a	50,0 a	24,1 b	25,0 c	45,0 a	181,2 a
5	22,9 c	41,0 c	38,0 b	73,2 c	78,4 c	244,9 b	139,0 c	125,6 b	14,0 b	16,6 a	41,4 b	23,4 b	24,6 c	35,4 b	102,1 b
6	25,9 a	39,7 c	38,5 b	80,2 a	87,2 a	262,4 a	172,0 a	166,0 a	13,6 b	18,8 a	42,9 b	35,1 a	23,7 c	40,4 a	130,9 b
7	22,4 c	38,9 c	36,6 b	70,2 d	73,9 d	231,0 b	136,3 c	159,2 b	14,0 b	15,8 b	47,7 a	25,2 b	26,7 c	37,3 a	134,0 b
8	23,1 c	40,0 c	37,5 b	73,6 c	79,9 c	252,4 a	150,3 b	114,8 b	12,4 b	14,4 b	41,4 b	22,9 b	24,2 c	36,6 a	91,9 b
9	24,4 b	39,9 c	37,7 b	74,8 c	77,1 c	245,4 b	146,4 b	194,0 a	16,9 a	17,7 a	47,2 a	25,2 b	24,4 c	32,6 b	168,8 a
10	22,0 d	36,5 c	35,1 c	67,0 e	71,1 e	228,4 b	130,6 d	137,4 b	16,9 a	15,1 b	48,2 a	23,3 b	27,2 b	32,8 b	114,1 b
11	22,6 c	38,9 c	35,3 c	70,4 d	73,8 d	254,7 a	143,7 c	209,7 a	17,1 a	17,0 a	51,9 a	23,4 b	28,8 b	35,3 b	186,2 a
12	23,7 b	39,2 c	33,9 c	72,7 c	78,1 c	237,9 b	131,6 d	151,2 b	14,7 b	18,8 a	43,0 b	30,8 a	24,3 c	34,9 b	120,4 b
13	25,1 a	39,9 c	40,3 a	76,8 b	81,1 b	234,7 b	136,6 c	135,9 b	14,2 b	15,6 b	44,4 b	23,0 b	25,9 c	34,8 b	112,9 b
14	21,8 d	40,2 c	37,1 b	69,7 d	74,1 d	233,2 b	139,2 c	110,1 b	16,9 a	13,3 b	48,6 a	24,4 b	31,4 a	30,5 b	85,7 b
15	21,3 d	40,6 c	40,5 a	70,3 d	73,4 d	213,6 b	118,4 d	145,7 b	18,7 a	12,7 b	51,1 a	23,3 b	30,2 a	31,8 b	122,3 b
16	21,8 d	40,1 c	34,1 c	70,8 d	74,7 d	232,6 b	144,4 c	144,1 b	16,0 a	13,5 b	51,0 a	30,1 a	31,1 a	33,7 b	114,0 b
17	22,9 c	39,9 c	37,8 b	73,3 c	79,4 c	229,8 b	139,0 c	100,7 b	14,2 b	14,4 b	40,8 b	18,3 b	22,3 c	29,0 b	82,3 b
18	23,1 c	40,6 c	38,9 b	72,2 c	77,0 c	233,8 b	148,6 b	181,8 a	13,6 b	17,5 a	45,8 b	25,6 b	25,2 c	39,6 a	156,2 a
19	23,2 c	46,0 a	44,3 a	79,8 a	88,7 a	273,2 a	155,0 b	156,0 b	13,1 b	20,8 a	43,7 b	31,4 a	26,6 c	43,9 a	124,6 b
20	20,3 e	46,0 a	42,5 a	70,0 d	70,8 e	217,8 b	125,7 d	204,4 a	16,2 a	17,8 a	49,3 a	27,7 a	27,7 b	39,5 a	176,8 a
21	21,1 e	43,1 b	41,5 a	71,8 c	74,4 d	244,7 b	142,3 c	177,8 a	15,1 b	16,7 a	47,4 a	22,3 b	25,1 c	39,3 a	155,4 a
22	24,4 b	36,9 c	33,5 c	73,9 c	78,7 c	231,9 b	139,6 c	149,7 b	14,4 b	14,9 b	48,1 a	27,4 a	28,2 b	33,8 b	122,2 b
23	24,4 b	38,9 c	35,0 c	74,0 c	82,2 b	247,6 a	156,6 b	83,6 b	15,1 b	12,2 b	42,1 b	15,3 b	23,8 c	29,0 b	68,2 b

(1) Nome e características das cultivares estão listadas no anexo A.

\*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott e Knott (1974), com 5% de probabilidade de erro.

De maneira geral, as cultivares com menor NFO possuem maior filocrono, ou seja, elas necessitam maior soma térmica (°C dia) para expansão ou emissão de folhas. Os valores médios de filocrono estimado com o número de folhas expandidas (FNFE) oscilaram entre 44,0 e 54,0 °C dia folha<sup>-1</sup> e entre 36,5 e 46,0 °C dia folha<sup>-1</sup>, para as cultivares precoces (Tabela 7 e 8) e entre 42,4 e 49,7 °C dia folha<sup>-1</sup> e 37,7 e 45,2 °C dia folha<sup>-1</sup>, para as cultivares superprecoces (Tabela 9 e 10), em 2009-2010 e 2010-2011, respectivamente. A média do FNFE, para as cultivares transgênicas variou de 44,0 e 50,8 °C dia folha<sup>-1</sup>, no experimento de 2009-2010 e de 37,5 e 44,4 °C dia folha<sup>-1</sup>, no experimento conduzido em 2010-2011 (Tabela 11 e 12). Os valores médios de filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), para as

cultivares de ciclo precoce e superprecoce e classe transgênica, em geral, foram inferiores aos de FNFE (Tabelas 7 a 12), pois a soma térmica necessária para emitir folhas é inferior a necessária para expandir folhas. O filocrono estimado com o número de folhas expandidas, segundo Martins et al. (2012) difere entre as cultivares de milho e está ligado à duração do ciclo. Estes autores, concluíram que o filocrono em cultivares precoces é maior em comparação com cultivares superprecoces, com médias de 41,1 e 39,8 °C dia folha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 9** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTE), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM), número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (OS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) superprecoce de milho avaliada no experimento da safra 2009-2010.

Cult <sup>(1)</sup>	NFO	FNFE	FNTE	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	OS	DS	MCG	PRO
1	20,9 c*	45,1 b	44,1 c	68,2 b	71,0 b	195,3 b	90,8 c	175,3 a	13,8 c	19,5 a	44,3 a	26,2 a	24,9 c	33,6 a	149,1 a
2	20,7 c	49,7 a	47,5 a	72,6 a	77,2 a	209,0 a	99,2 c	142,8 a	13,6 c	18,8 a	38,1 b	29,0 a	24,1 d	27,8 b	113,8 a
3	20,3 d	47,9 a	49,2 a	70,2 b	72,2 b	196,0 b	88,3 c	150,8 a	18,0 a	16,1 b	45,2 a	19,6 b	24,8 c	26,2 b	131,2 a
4	21,1 c	47,3 a	47,3 a	72,4 a	73,3 b	204,7 a	104,9 b	160,1 a	13,3 c	18,5 a	43,1 b	26,0 a	25,7 c	33,6 a	134,1 a
5	23,2 a	42,5 c	41,0 d	71,9 a	73,2 b	215,3 a	94,2 c	176,9 a	13,3 c	19,2 a	42,4 b	24,8 a	23,7 d	28,8 b	152,1 a
6	22,1 b	46,2 b	45,5 b	73,7 a	74,4 a	216,8 a	117,3 a	183,2 a	15,1 b	17,1 b	44,7 a	25,9 a	25,3 c	28,2 b	157,3 a
7	23,6 a	45,0 b	43,8 c	75,9 a	81,1 a	198,4 b	112,2 b	125,8 a	15,6 b	18,5 a	40,0 b	25,1 a	23,7 d	29,8 b	100,7 a
8	20,2 d	48,3 a	48,5 a	70,1 b	71,1 b	204,9 a	93,4 c	125,0 a	14,7 c	16,3 b	42,2 b	21,7 b	23,0 d	34,1 a	103,3 a
9	20,9 c	44,8 b	45,0 c	69,1 b	69,9 b	198,8 b	92,7 c	173,1 a	15,1 b	17,1 b	45,0 a	20,1 b	23,8 d	28,1 b	153,0 a
10	20,3 d	44,5 b	43,6 c	67,2 b	68,8 b	188,4 c	73,8 c	142,7 a	16,0 b	14,7 b	44,2 a	14,9 b	23,6 d	26,1 b	127,8 a
11	22,4 b	45,5 b	43,5 c	74,4 a	76,0 a	197,7 b	107,4 b	132,9 a	14,4 c	15,4 b	42,8 b	24,4 a	25,3 c	29,2 b	108,4 a
12	21,9 b	46,6 a	43,9 c	72,9 a	74,7 a	213,8 a	118,7 a	160,6 a	16,4 a	16,6 b	44,8 a	26,7 a	26,2 c	27,5 b	133,9 a
13	21,7 b	45,6 b	45,3 b	72,1 a	73,4 b	199,6 b	84,6 c	175,9 a	17,6 a	16,5 b	45,9 a	27,0 a	27,4 b	28,1 b	148,9 a
14	22,2 b	45,1 b	42,9 c	72,8 a	75,1 a	205,9 a	102,7 b	166,1 a	14,9 b	17,5 a	44,7 a	25,6 a	25,4 c	28,9 b	140,6 a
15	20,8 c	46,4 b	43,5 c	70,3 b	73,2 b	206,4 a	86,9 c	149,4 a	13,1 c	17,2 b	42,8 b	22,0 b	23,3 d	30,0 b	127,4 a
16	22,1 b	46,0 b	44,7 c	73,7 a	76,7 a	185,1 c	104,0 b	164,0 a	16,7 a	15,5 b	47,3 a	25,4 a	29,7 a	27,7 b	138,6 a
17	20,3 d	47,6 a	46,2 b	69,7 b	71,3 b	178,8 c	83,0 c	157,3 a	15,3 b	16,0 b	44,9 a	24,2 a	26,7 c	28,8 b	133,1 a
18	19,4 d	49,4 a	48,4 a	67,0 b	68,3 b	196,6 b	83,9 c	192,6 a	14,4 c	17,9 a	44,6 a	20,7 b	22,8 d	34,2 a	171,9 a
19	21,6 b	47,6 a	46,2 b	72,7 a	75,9 a	206,6 a	107,7 b	168,8 a	15,1 b	17,9 a	46,4 a	27,8 a	27,3 b	30,7 a	141,0 a
20	23,3 a	42,4 c	39,7 d	72,2 a	77,3 a	196,4 b	94,2 c	147,8 a	15,3 b	17,6 a	43,6 a	31,3 a	24,8 c	32,6 a	116,4 a
21	20,0 d	48,2 a	46,5 b	67,7 b	70,9 b	202,8 a	86,2 c	159,6 a	12,7 c	18,6 a	41,4 b	18,9 b	19,8 e	31,9 a	140,7 a
22	22,2 b	47,2 a	46,0 b	76,0 a	76,8 a	224,2 a	124,0 a	200,7 a	13,8 c	17,6 a	47,2 a	27,4 a	26,1 c	33,3 a	173,2 a

(1) Nome e características da cultivares estão listadas no anexo B.

\*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott e Knott (1974), com 5% de probabilidade de erro.

**Tabela 10** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTE), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (OS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) superprecoce de milho avaliada no experimento da safra 2010-2011.

Cult <sup>(1)</sup>	NFO	FNFE	FNTE	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	OS	DS	MCG	PRO
1	21,0 b*	43,3 a	43,4 a	70,3 a	73,9 a	233,3 a	131,9 a	164,2 a	17,1 a	15,8 a	48,0 a	25,1 a	24,9 b	34,1 a	139,1 a
2	23,8 a	37,7 b	35,1 b	71,3 a	76,6 a	223,9 b	136,7 a	134,2 a	15,6 a	15,1 a	46,6 a	23,8 a	28,0 a	31,5 b	110,4 a
3	23,3 a	38,4 b	36,4 b	70,7 a	73,4 a	232,4 a	133,4 a	153,8 a	14,0 b	15,9 a	47,4 a	27,7 a	27,3 a	36,9 a	126,1 a
4	23,1 a	39,8 b	37,7 b	70,2 a	75,7 a	224,6 b	123,3 b	106,0 a	10,9 b	14,5 a	40,9 a	23,2 a	26,6 a	36,2 a	82,8 a
5	23,0 a	39,5 b	38,2 b	71,4 a	73,0 a	220,0 b	131,4 a	102,4 a	13,6 b	13,6 a	44,8 a	19,3 a	26,1 a	32,0 b	83,1 a
6	21,3 b	41,8 a	41,5 a	70,2 a	73,6 a	216,7 b	123,3 b	126,7 a	17,3 a	13,8 a	45,9 a	22,7 a	28,2 a	29,4 b	104,0 a
7	19,6 c	41,0 b	40,2 a	64,8 c	67,7 b	188,1 c	118,1 b	125,8 a	16,0 a	14,5 a	45,3 a	18,9 a	26,3 a	29,2 b	106,9 a
8	19,8 c	45,2 a	45,4 a	68,1 b	70,7 b	216,8 b	130,4 a	132,1 a	14,0 b	16,5 a	44,8 a	18,3 a	23,8 b	36,3 a	113,8 a
9	21,2 b	42,9 a	42,2 a	72,2 a	76,9 a	244,2 a	139,2 a	133,9 a	12,7 b	15,2 a	43,4 a	20,8 a	24,3 b	38,0 a	113,1 a

<sup>(1)</sup> Nome e características da cultivares estão listadas no anexo B.

\*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott e Knott (1974), com 5% de probabilidade de erro.

O número médio de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM) e feminino (FF) das cultivares de ciclo precoce oscilou entre 70,1 a 80,8 dias e 70,6 e 87,1 dias, respectivamente no ano de 2009-2010. A maior amplitude do FF garantiu maior discriminação das cultivares e a formação de quatro grupos, em relação ao FM (três grupos)(Tabela 7). Para as cultivares precoces avaliadas em 2010-2011, o FM variou entre 67,0 e 80,2 dias, enquanto o florescimento feminino ocorreu em média entre 70,8 e 88,7 dias após a semeadura. Neste caso foi possível a identificação de cinco grupos de cultivares para ambos os caracteres (Tabela 8). Nos experimentos com cultivares superprecoces as médias dos caracteres FM e FF oscilaram, respectivamente, entre 67,0 e 76,0 e entre 68,3 e 81,1 dias após a semeadura, na safra 2009-2010 (Tabela 9) e entre 64,8 e 72,2 e entre 67,7 e 76,9, na safra 2010-2011 (Tabela 10). As diferenças entre as cultivares de mesmo ciclo, quanto aos caracteres FM e FF são explicadas pelas diferentes exigências térmicas de cada uma delas, para o florescimento. Em geral, o número de dias para o florescimento masculino das cultivares precoces e superprecoces utilizadas por Santos et al. (2002) foi menor e oscilou entre 63 e 66 dias e 58 e 62 dias após a semeadura, respectivamente. Estes autores, também relataram a discordância entre

a classificação e a duração do ciclo de híbridos de milho e consideraram que as condições climáticas locais podem ser responsáveis por estas diferenças. Para as cultivares transgênicas, em 2009-2010, o FM ocorreu em média entre 65,5 e 78,9 dias e o FF entre 69,0 e 83,2 dias após a semeadura (Tabela 11). Na safra posterior, o FM e FF ocorreram entre 64,8 e 72,4 dias e entre 66,6 e 79,8 dias após a semeadura, respectivamente (Tabela 12).

As cultivares precoces em 2009-2010 apresentaram médias de altura de planta (AP) entre 171,3 e 216,4 cm e a altura de inserção de espiga (AE) entre 72,8 e 124,3 cm (Tabela 7). Em 2010-2011, as médias de AP e AE oscilaram entre 213,6 e 269,3 cm e 118,4 e 172,0 cm, respectivamente (Tabela 8). Para as cultivares superprecoces, as maiores médias de AP foram de 224,2 cm, e 244,2 cm, nos experimentos conduzidos em 2009-2010 e 2010-2011, respectivamente. Os menores valores médios de AP das cultivares superprecoces foram, em 2009-2010 de 178,8 cm e em 2010-2011, de 188,1 cm. As médias para o caractere AE oscilaram entre 73,8 e 124,2 cm e entre 82,8 e 139,1 cm, respectivamente no primeiro (2009-1020) e segundo (2010-2011) anos agrícolas (Tabelas 9 e 10). As cultivares transgênicas de milho, no primeiro ano agrícola tiveram médias de AP e AE, respectivamente de 193,2 a 244,9 cm e de 76,6 a 143,3 cm (Tabela 11) e no segundo ano de 229,6 a 297,1 cm e de 122,1 a 169,7 cm, respectivamente (Tabela 12). Estes resultados mostram que, em geral, as cultivares apresentaram maiores médias de altura de planta e de inserção de espiga no ano agrícola de 2010-2011 (Tabelas 7 a 12).

A média do caractere peso de espiga (PE) em 2009-2010 e em 2010-2011 variou, respectivamente, de 79,3 a 182,8 e de 83,6 a 210,1 g, para as cultivares precoces (Tabela 7 e 8), de 125,0 a 200,7 e de 102,4 a 164,2 g, para as cultivares superprecoces (Tabela 9 e 10), de 150,1 a 206,2 e de 116,0 a 214,0 g, em cultivares transgênicas (Tabela 11 e 12). A produtividade de grãos de milho (PRO) média de cultivares precoces, superprecoces e transgênicas alcançou, respectivamente 155,3, 173,2 e 177,6 g espiga<sup>-1</sup> na safra 2009-2010 e 186,2, 139,1 e 190,8 g espiga<sup>-1</sup> na safra 2010-2011. De maneira geral, as cultivares foram agrupadas da mesma forma para os caracteres PE e PRO. As cultivares com espigas mais pesadas estão agrupadas entre as que possuem maior produtividade de grãos (Tabelas 7 a 12). Esse resultado é esperado, uma vez que os caracteres PE e PRO possuem elevada associação positiva (Tabelas 13 a 15). No entanto, em ambos os experimentos com

cultivares de ciclo superprecoce, o teste de Scott e Knott (1974) não detectou diferenças entre as cultivares para estes caracteres (Tabelas 9 e 10). No experimento superprecoce 2009-2010, o teste de comparação de médias contraria o resultado evidenciado na análise de variância, onde pelo menos um contraste de médias deve diferir (Tabela 9). A significância pelo teste F não garante que as diferenças entre as cultivares sejam captadas pelo teste de Scott e Knott (1974), porque esses testes possuem poderes diferentes. Entretanto, se outro teste de comparação de médias tivesse sido utilizado, diferenças entre as cultivares poderiam ter sido captadas.

**Tabela 11** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTE), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (OS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) transgênica de milho avaliada no experimento da safra 2009-2010.

Cult <sup>(1)</sup>	NFO	FNFE	FNTE	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	OS	DS	MCG	PRO
1	21,6 c*	45,1 c	44,7 c	70,4 b	72,0 c	194,1 e	82,2 e	150,2 b	13,8 c	15,8 c	41,6 b	20,4 c	22,4 b	28,5 b	129,8 b
2	20,9 d	49,0 b	47,6 a	72,3 b	74,8 b	211,4 d	101,0 d	168,1 b	16,2 a	19,1 a	43,9 a	29,1 a	25,2 a	30,8 a	139,0 b
3	21,4 c	44,1 c	42,8 d	69,3 c	70,6 c	203,7 d	91,2 e	157,1 b	16,7 a	15,0 c	46,9 a	18,2 d	23,9 a	27,2 b	138,9 b
4	22,0 c	45,1 c	42,8 d	70,8 b	75,7 b	231,8 b	128,2 b	184,0 a	16,4 a	17,4 b	45,3 a	23,0 c	23,0 b	28,4 b	161,0 a
5	21,1 d	48,3 b	46,0 b	72,3 b	76,3 b	223,1 c	109,4 c	195,0 a	15,1 b	18,6 a	46,3 a	33,4 a	26,1 a	33,4 a	161,6 a
6	20,4 d	47,9 b	44,7 c	67,7 c	70,1 c	198,1 e	83,6 e	157,4 b	13,1 c	16,3 c	42,4 b	15,2 d	20,9 b	28,8 b	142,2 b
7	21,8 c	44,4 c	42,1 d	68,8 c	70,0 c	214,3 c	99,7 d	206,2 a	14,4 b	17,3 b	48,0 a	21,1 c	23,0 b	30,9 a	185,1 a
8	23,3 b	43,4 c	43,4 c	73,0 b	75,9 b	221,4 c	110,8 c	165,6 b	17,3 a	19,3 a	43,9 a	30,1 a	25,7 a	24,8 b	135,4 b
9	24,3 a	44,8 c	44,7 c	78,9 a	83,2 a	244,9 a	143,3 a	155,2 b	14,7 b	16,6 b	41,0 b	21,6 c	21,6 b	27,5 b	133,7 b
10	22,9 b	47,5 b	47,5 a	77,8 a	82,6 a	231,0 b	131,2 b	151,8 b	14,9 b	19,2 a	39,3 b	20,6 c	20,4 b	27,1 b	131,2 b
11	21,8 c	44,9 c	44,3 c	71,0 b	71,3 c	224,1 c	113,7 c	188,2 a	16,0 a	17,2 b	45,4 a	23,3 c	24,1 a	31,1 a	164,9 a
12	22,2 c	45,1 c	43,8 c	72,0 b	72,7 c	216,4 c	114,1 c	203,0 a	17,3 a	17,4 b	46,8 a	25,4 b	24,7 a	29,5 a	177,6 a
13	21,3 c	44,1 c	44,8 c	69,8 c	71,2 c	228,6 b	103,9 d	171,1 b	14,7 b	16,8 b	42,6 b	16,4 d	20,4 b	33,5 a	154,7 a
14	23,0 b	44,0 c	44,0 c	72,8 b	73,3 b	230,1 b	122,3 c	196,0 a	14,2 b	17,7 b	44,3 a	26,2 b	24,7 a	31,2 a	169,8 a
15	21,3 c	42,9 c	40,8 d	68,1 c	70,4 c	193,2 e	76,6 e	158,8 b	16,2 a	15,7 c	46,7 a	18,8 d	25,8 a	25,8 b	140,0 b
16	20,3 d	46,0 c	43,2 d	65,6 d	69,0 c	204,1 d	85,4 e	150,1 b	12,9 c	17,4 b	40,3 b	17,7 d	21,0 b	29,8 a	132,4 b
17	20,7 d	47,6 b	45,7 b	70,1 b	70,6 c	219,3 c	113,6 c	185,1 a	15,6 a	16,7 b	45,8 a	27,7 b	26,3 a	31,7 a	157,4 a
18	20,6 d	50,8 a	48,1 a	69,3 c	70,0 c	203,9 d	99,6 d	188,2 a	14,9 b	17,4 b	45,1 a	21,6 c	24,6 a	31,8 a	166,7 a

<sup>(1)</sup> Nome e características da cultivares estão listadas no anexo C.

\*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott e Knott (1974), com 5% de probabilidade de erro.



**Tabela 12** – Média dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNFT), em °C dia folha<sup>-1</sup>, número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), em cm, peso de espiga (PE), em g, número de fileiras por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (OS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm, massa de cem grãos (MCG), em g, e produtividade de grãos (PRO), em g espiga<sup>-1</sup> por cultivar (Cult) transgênica de milho avaliada no experimento da safra 2010-2011.

Cult <sup>(1)</sup>	NFO	FNFE	FNFT	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	OS	DS	MCG	PRO
1	21,2 c*	40,7 a	40,5 a	68,0 c	70,3 d	229,8 d	123,8 c	166,8 a	15,6 c	14,7 c	46,7 b	21,1 b	25,4 a	32,0 c	145,7 a
2	21,9 b	41,8 a	38,5 b	72,2 a	76,9 b	264,4 b	148,7 b	163,4 a	16,4 c	17,3 b	44,1 b	26,0 a	24,7 b	36,1 b	137,4 b
3	22,4 b	37,7 b	34,5 c	67,9 c	71,3 d	256,8 b	145,9 b	164,7 a	16,4 c	15,2 c	49,2 a	19,4 b	24,6 b	34,1 b	145,2 a
4	22,1 b	38,5 b	38,2 b	67,6 c	73,1 c	271,1 b	164,7 a	176,1 a	15,3 c	16,1 b	48,7 a	20,3 b	26,9 a	35,3 b	155,8 a
5	20,9 c	41,7 a	42,2 a	68,3 c	73,8 c	262,7 b	145,0 b	124,6 b	18,2 b	14,2 c	43,8 b	23,8 b	23,8 b	33,7 c	100,8 b
6	21,7 b	42,0 a	42,3 a	71,6 a	76,4 b	265,9 b	149,7 b	180,3 a	20,4 a	16,7 b	48,7 a	33,1 a	26,7 a	31,2 c	147,2 a
7	20,4 d	42,6 a	42,7 a	68,4 c	71,7 d	244,4 c	132,9 c	142,9 b	16,2 c	13,7 c	51,3 a	28,9 a	29,2 a	40,0 a	114,0 b
8	23,1 a	37,5 b	36,5 c	69,9 b	76,2 b	273,9 b	164,3 a	181,6 a	17,6 b	16,5 b	48,0 a	18,3 b	25,8 a	30,5 c	163,2 a
9	21,2 c	40,3 a	39,2 b	65,9 d	69,0 e	243,9 c	128,6 c	156,0 b	14,0 c	15,3 c	44,3 b	19,7 b	22,6 b	33,8 c	136,3 b
10	22,7 b	37,8 b	35,9 c	67,2 c	71,7 d	250,2 c	145,0 b	141,2 b	14,4 c	15,1 c	45,3 b	18,3 b	23,4 b	34,3 b	122,9 b
11	23,8 a	39,0 b	40,0 a	72,4 a	79,8 a	278,4 b	165,1 a	116,0 b	14,7 c	15,9 b	40,0 b	24,4 b	24,9 b	28,4 c	91,6 b
12	21,9 b	40,5 a	39,0 b	71,0 b	76,0 b	266,0 b	142,9 b	159,6 b	18,9 b	16,4 b	46,1 b	28,0 a	26,2 a	32,6 c	131,6 b
13	22,0 b	40,8 a	44,1 a	71,6 a	73,9 c	258,8 b	142,1 b	195,0 a	20,2 a	16,4 b	50,8 a	32,7 a	28,7 a	32,1 c	162,3 a
14	22,4 b	39,5 b	39,9 a	70,4 b	75,3 c	275,4 b	144,7 b	170,7 a	17,8 b	16,9 b	45,0 b	25,8 a	26,4 a	32,7 c	144,9 a
15	21,1 c	41,6 a	41,7 a	70,2 b	75,7 b	236,8 d	132,6 c	121,7 b	17,3 b	14,2 c	44,0 b	18,6 b	23,7 b	29,4 c	103,1 b
16	22,1 b	40,4 a	40,2 a	70,6 b	76,3 b	264,4 b	151,8 b	182,9 a	20,2 a	16,6 b	46,8 b	25,3 a	26,0 a	29,8 c	157,6 a
17	23,2 a	39,9 b	41,8 a	72,0 a	77,4 b	297,1 a	169,7 a	178,6 a	18,0 b	16,3 b	46,8 b	22,0 b	23,7 b	32,5 c	156,6 a
18	21,1 c	41,6 a	38,4 b	70,2 b	73,8 c	262,0 b	152,8 b	150,7 b	16,9 c	14,3 c	49,0 a	22,7 b	25,9 a	36,2 b	128,0 b
19	20,9 c	38,7 b	40,9 a	64,8 d	66,6 e	254,0 c	135,4 c	195,6 a	18,4 b	18,2 a	50,1 a	23,6 b	27,4 a	31,3 c	172,0 a
20	20,3 d	41,4 a	41,6 a	69,8 b	71,2 d	255,1 c	135,8 c	171,0 a	16,0 c	15,7 c	47,1 b	19,0 b	23,4 b	37,7 a	152,0 a
21	23,6 a	37,9 b	36,3 c	71,4 a	76,8 b	265,4 b	154,0 b	178,2 a	16,2 c	15,8 c	48,0 a	20,7 b	26,2 a	34,8 b	157,6 a
22	20,6 d	41,4 a	43,4 a	68,8 c	69,9 d	229,6 d	132,3 c	214,0 a	16,9 c	18,6 a	49,4 a	23,2 b	24,1 b	38,5 a	190,8 a
23	21,8 b	41,2 a	40,5 a	70,6 b	75,0 c	269,7 b	156,7 a	161,9 a	14,4 c	16,3 b	44,1 b	20,2 b	23,0 b	35,9 b	141,7 a
24	19,8 d	40,9 a	44,0 a	65,6 d	67,3 e	248,6 c	124,9 c	209,9 a	20,0 a	17,8 a	50,8 a	18,8 b	23,8 b	32,7 c	191,1 a
25	21,7 b	38,1 b	35,3 c	66,0 d	68,6 e	233,4 d	122,1 c	200,0 a	17,3 b	16,9 b	49,9 a	20,0 b	25,8 a	31,6 c	180,0 a
26	20,9 c	44,4 a	46,5 a	70,2 b	71,7 d	248,1 c	144,6 b	135,2 b	16,7 c	15,2 c	46,6 b	21,4 b	26,2 a	34,7 b	113,8 b
27	21,0 c	41,7 a	39,1 b	70,0 b	72,3 d	266,6 b	154,4 b	144,9 b	14,4 c	14,8 c	45,2 b	20,6 b	25,3 a	38,8 a	124,3 b

(1) Nome e características da cultivares estão listadas no anexo C.

\*Médias não seguidas pela mesma letra diferem pelo teste de Scott e Knott (1974), com 5% de probabilidade de erro.

A existência de correlação linear entre os caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de cultivares precoces, superprecoces e transgênicas de milho foi confirmada através das matrizes de coeficientes de correlação de Pearson. Os coeficientes de correlação linear de Pearson (r) mostram que existe relação inversa entre os caracteres número de folhas (NFO) e filocrono (FNFE ou FNFT), e esta relação, em geral é significativa, com exceção no experimento com cultivares de ciclo precoce realizado em 2009-2010 e para o FNFT no experimento com cultivares transgênicas conduzido em 2009-2010 (Tabelas 13 a 15). Os caracteres

FNFE e FNTF também estão altamente correlacionados ( $0,77 \leq r \leq 0,99$ ) entre si. As correlações positivas e moderadas a fortíssimas (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004) entre os caracteres altura de planta e altura de inserção de espiga ( $0,56 \leq r \leq 0,94$ ) mostram que plantas mais altas possuem espiga inserida mais alta no colmo das plantas (Tabelas 13 a 15). Este resultado corrobora, em geral, com os encontrados na literatura. A média dos coeficientes de correlação genética e fenotípica entre a altura de planta e de espiga, encontrados por Farias Neto e Miranda Filho (2001), foram de 0,80 e 0,78, respectivamente. Os coeficientes estimados por Barros, Moreira e Ferreira (2010), possuem magnitudes iguais a 0,90 e 0,84, respectivamente.

**Tabela 13** – Matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM), número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), peso de espiga (PE), número de fileiras de grãos por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PRO), de experimentos com 36 e 23 cultivares precoces de milho conduzidos nos anos agrícolas 2009-2010 (acima da diagonal) e 2010-2011 (abaixo da diagonal), respectivamente.

	NFO	FNFE	FNTF	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	PS	DS	MCG	PRO
NFO		-0,57*	-0,53*	0,67*	0,56*	0,07 <sup>ns</sup>	0,46*	-0,06 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>
FNFE	-0,39 <sup>ns</sup>		0,84*	0,11 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>
FNTF	-0,21 <sup>ns</sup>	0,82*		0,13 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>
FM	0,75*	0,26 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>		0,91*	0,15 <sup>ns</sup>	0,35*	-0,30 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,33*
FF	0,75*	0,15 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,94*		0,19 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,42*	0,15 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,43*	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,45*
AP	0,47*	0,11 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,60*	0,61*		0,56*	0,17 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
AE	0,63*	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	0,65*	0,69*	0,81*		0,17 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
PE	-0,21 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>		0,22 <sup>ns</sup>	0,60*	0,81*	0,59*	0,41*	0,60*	0,99*
NFI	-0,45*	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,56*	-0,62*	-0,49*	-0,56*	0,15 <sup>ns</sup>		0,19 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,36*	0,35*	-0,21 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
CE	0,17 <sup>ns</sup>	0,42*	0,42*	0,42*	0,31 <sup>ns</sup>	0,49*	0,28 <sup>ns</sup>	0,64*	-0,37 <sup>ns</sup>		0,15 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	0,41*	0,62*
DE	-0,56*	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,61*	-0,71*	-0,38 <sup>ns</sup>	-0,43*	0,53*	0,70*	-0,14 <sup>ns</sup>		0,64*	0,80*	0,35*	0,78*
PS	0,14 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,50*	-0,16 <sup>ns</sup>	0,61*	0,11 <sup>ns</sup>		0,65*	0,27 <sup>ns</sup>	0,48*
DS	-0,48*	0,01 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,45*	-0,46*	-0,41*	-0,42*	0,04 <sup>ns</sup>	0,62*	-0,36 <sup>ns</sup>	0,77*	0,11 <sup>ns</sup>		-0,01 <sup>ns</sup>	0,34*
MCG	-0,09 <sup>ns</sup>	0,46*	0,49*	0,25 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,64*	-0,48*	0,76*	0,07 <sup>ns</sup>	0,53*	-0,18 <sup>ns</sup>		0,61*
PRO	-0,24 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,36 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	0,99*	0,18 <sup>ns</sup>	0,60*	0,55*	0,40 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,61*	

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo.

O número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM) e o número de dias da sementeira até o florescimento feminino (FF) apresentaram

correlação positiva, moderada a forte ( $0,89 \leq r \leq 0,94$ ) em todos os experimentos (Tabelas 13 a 15). Esses resultados concordam com os resultados encontrados por Malik et al. (2005) e Santos et al. (2002), que constataram correlações de magnitude iguais a 0,98 e 0,94, respectivamente, entre estes caracteres. Fenologicamente, o florescimento masculino antecede o feminino (EMBRAPA, 2010). Assim, quanto maior o período entre a semeadura e o florescimento masculino, maior o período entre a semeadura e o florescimento feminino. Martins et al. (2012) constataram elevada correlação positiva (0,97) entre os caracteres filocrono e o período emergência-pendoamento, e concluíram que o filocrono está associado à duração do ciclo em milho. No entanto, as correlações entre os caracteres FNFE ou FNTF e o FM ou FF, encontradas nestes seis experimentos foram inferiores ( $r \leq 0,39$ ) e não significativas (Tabelas 13 a 15).

**Tabela 14** – Matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), peso de espiga (PE), número de fileiras de grãos por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PRO), de experimentos com 22 e nove cultivares superprecoce de milho conduzidos nos anos agrícolas 2009-2010 (acima da diagonal) e 2010-2011 (abaixo da diagonal), respectivamente.

	NFO	FNFE	FNTF	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	PS	DS	MCG	PRO
NFO		-0,70*	-0,72*	0,79*	0,78*	0,30 <sup>ns</sup>	0,60*	-0,04 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,61*	0,35 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>
FNFE	-0,83*		0,90*	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
FNTF	-0,85*	0,99*		-0,23 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
FM	0,69*	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>		0,90*	0,44*	0,85*	-0,05 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,67*	0,52*	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>
FF	0,68*	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	0,90*		0,28 <sup>ns</sup>	0,70*	-0,24 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	0,71*	0,39 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>
AP	0,45 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	0,88*	0,83*		0,62*	0,34 <sup>ns</sup>	-0,38 <sup>ns</sup>	0,44*	-0,10 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>
AE	0,39 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	0,75*	0,65 <sup>ns</sup>	0,81*		0,15 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,58*	0,38 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
PE	-0,17 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>		-0,10 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,61*	0,15 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,98*
NFI	-0,35 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,28 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>		-0,63*	0,47*	-0,05 <sup>ns</sup>	0,52*	-0,57*	-0,09 <sup>ns</sup>
CE	-0,24 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,70*	-0,02 <sup>ns</sup>		-0,42 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	-0,34 <sup>ns</sup>	0,49*	0,21 <sup>ns</sup>
DE	-0,04 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,76*	0,80*	0,31 <sup>ns</sup>		0,01 <sup>ns</sup>	0,63*	-0,06 <sup>ns</sup>	0,61*
PS	0,58 <sup>ns</sup>	-0,45 <sup>ns</sup>	-0,45 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>		0,53*	0,20 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>
DS	0,58 <sup>ns</sup>	-0,78*	-0,75*	0,10 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	-0,53 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>		-0,26 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
MCG	0,14 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,72*	0,55 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,68*	0,62 <sup>ns</sup>	-0,30 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,56 <sup>ns</sup>		0,14 <sup>ns</sup>
PRO	-0,29 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,99*	0,53 <sup>ns</sup>	0,73*	0,75*	0,47 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo.

Os caracteres número de fileiras por espiga (NFI), diâmetro de espiga (DE) e diâmetro de sabugo (DS), em geral, estão correlacionados significativamente e de forma positiva, entre si, em todos os experimentos. O coeficiente de correlação entre o NFI e o DE, foi não significativo ( $r=0,31$ ), apenas no experimento precoce do ano de 2009-2010 e nos demais anos oscilou entre 0,45 (moderado) e 0,80 (forte). O  $r$  entre os caracteres NFI e DS, para os experimentos com cultivares precoces, superprecoces e transgênicas de milho foram classificados como moderados a fortes ( $0,35 \leq r \leq 0,62$ ) e o  $r$  entre o DE e DS, que também estão correlacionados de forma moderada a forte, oscilaram entre 0,53 e 0,80. Plantas com espigas com maior diâmetro, possuem maior número de fileiras de grãos na espiga e maior diâmetro de sabugo (Tabelas 13 a 15).

**Tabela 15** – Matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número de expandidas (FNFE), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM), número de dias da semeadura até o florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AE), peso de espiga (PE), número de fileiras de grãos por espiga (NFI), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PRO), de experimentos com 18 e 27 cultivares transgênicas de milho, conduzidos nos anos agrícolas 2009-2010 (acima da diagonal) e 2010-2011 (abaixo da diagonal), respectivamente.

	NFO	FNFE	FNTF	FM	FF	AP	AE	PE	NFI	CE	DE	PS	DS	MCG	PRO
NFO		-0,49*	-0,14 <sup>ns</sup>	0,81*	0,75*	0,69*	0,72*	-0,02 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,46 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>
FNFE	-0,64*		0,84*	0,02 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
FNTF	-0,54*	0,77*		0,39 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,15 <sup>ns</sup>	0,48*	-0,37 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>
FM	0,48*	0,26 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>		0,94*	0,73*	0,82*	-0,06 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>
FF	0,69*	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	0,89*		0,70*	0,77*	-0,21 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,48*	-0,44 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>
AP	0,62*	-0,21 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	0,57*	0,69*		0,95*	0,27 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
AE	0,69*	-0,21 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	0,61*	0,74*	0,88*		0,27 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
PE	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-0,27 <sup>ns</sup>	-0,37 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>		0,27 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,71*	0,49*	0,48*	0,58*	0,97*
NFI	-0,12 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	0,47*		0,18 <sup>ns</sup>	0,55*	0,47*	0,61*	-0,30 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
CE	0,05 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	-0,04 <sup>ns</sup>	0,79*	0,41*		-0,19 <sup>ns</sup>	0,64*	0,15 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
DE	-0,34 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	-0,39*	-0,52*	-0,30 <sup>ns</sup>	-0,32 <sup>ns</sup>	0,69*	0,45*	0,25 <sup>ns</sup>		0,32 <sup>ns</sup>	0,71*	0,19 <sup>ns</sup>	0,69*
PS	0,02 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,43*	0,32 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,54*	0,14 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>		0,74*	0,19 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
DS	0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,53*	0,63*		0,07 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>
MCG	-0,43*	0,36 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	-0,29 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	-0,08 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,43*	-0,20 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>		0,58*
PRO	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,34 <sup>ns</sup>	-0,42*	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	0,99*	0,39*	0,76*	0,67*	-0,07 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo

Em geral, os caracteres diâmetro de espiga (DE) e comprimento de espiga (CE) apresentaram coeficiente de correlação linear moderado a forte ( $0,53 \leq r \leq 0,81$ ) com o caractere peso de espiga (PE). O caractere PE, por sua vez, teve correlação fortíssima ( $r \geq 0,97$ ) (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004) com a produtividade de grãos de milho (PRO) nos seis experimentos. Em segundo plano, está correlacionado fortemente ( $0,61 \leq r \leq 0,78$ ) com a PRO, o caractere DE, com exceção no experimento precoce do ano agrícola 2009-2010, onde esta correlação foi moderada ( $r = 0,55$ ) (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004). Nos experimentos precoce de 2009-2010, superprecoce e transgênico de 2010-2011, o caractere comprimento de espiga (CE) e nos experimentos precoces de ambos os anos agrícolas a massa de cem grãos (MCG), apresentaram correlação forte com a PRO ( $0,61 \leq r \leq 0,76$ ) (TABELAS 13 a 15). Malik et al. (2005) estudando as correlações genotípicas entre caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de milho constataram que os caracteres com maior influência sobre a produtividade de grãos foram o número de grãos por fileira, área foliar e altura de planta. O número de grãos por fileira foi o caractere que apresentou maior correlação com a produtividade de grãos, também para variedades de milho de polinização aberta (BALBINOT JUNIOR et al., 2005). Já os coeficientes de correlação genotípica ( $r_g$ ) e fenotípica ( $r$ ) encontrados por Alvi et al. (2003) mostraram que os caracteres com maiores associações com a produtividade de grãos foram comprimento de espiga, número de grãos por fileiras e diâmetro de espiga, respectivamente, com valores de  $r_g$  entre 0,8295 e 0,9439 e  $r$  entre 0,7686 e 0,8799. O número de grãos por espiga, para OJO et al. (2006) possui maior correlação (0,940) com a produtividade de grãos de milho. Os diferentes resultados encontrados neste trabalho e na literatura podem ser explicados pelas diferentes cultivares ou variedades utilizadas, por diferenças ambientais ou ainda por diferentes caracteres avaliados nos experimentos.

O número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM) e feminino (FF) estão correlacionados negativamente com a produtividade de grãos de milho (PRO) para as cultivares de todos os experimentos. Embora esta associação seja significativa em apenas três deles (precoce 2009-2010, precoce 2010-2011 e transgênico 2010-2011) e de magnitude moderada ( $-0,33 \leq r \leq -0,45$ ) (Tabelas 13 a 15) ela é coerente com os resultados encontrados por Barros, Moreira e Ferreira, (2010), em estudo com populações de milho crioulo e por Malik et al. (2005), em híbridos de milho. Correlações negativas entre FM ou FF e a PRO são interessantes,

principalmente em cultivares de ciclo curto (MALIK et al., 2005). No entanto, Bello et al. (2010) estudando os coeficientes de correlação fenotípica entre caracteres de milho constatou a presença de correlação positiva e significativa entre o número de dias para 50% do florescimento masculino e a produtividade de grãos (0,34), indicando que o alongamento do ciclo contribui para o aumento da produtividade de grãos de milho. Esses autores também constataram a presença de correlações fenotípicas significativas ( $0,45 \leq r \leq 0,59$ ) entre os caracteres número de grãos por espiga, altura de planta, altura de espiga e peso de espiga.

O diagnóstico de multicolinearidade, segundo critério de Montgomery e Peck (1982) revelou a presença de multicolinearidade moderada a forte e severa (número de condição  $\geq 195$ ) para todas as matrizes de correlação. Com o descarte dos caracteres filocrono estimado com o número de folhas expandidas (FNFE), número de dias da semeadura até o florescimento masculino (FM) e florescimento feminino (FF), altura de planta (AP), peso de espiga (PE) e número de fileiras de grãos por espiga (NFI), o número de condição das matrizes reduziu. Com colinearidade fraca (número de condição  $\leq 95$ ) foi possível a realização da análise de trilha e de regressão múltipla (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Por meio da análise de trilha foi possível desdobrar os coeficientes de correlação linear de Pearson em efeitos diretos e indiretos dos caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de milho sobre a produtividade de grãos (PRO). Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,7761 e efeitos residuais inferiores a 0,4732 (Tabelas 16 a 21) demonstram adequadas estimativas destes efeitos sobre a PRO de cultivares de milho de ciclo precoce e superprecoce e classe transgênica. De maneira geral, o caractere diâmetro de espiga (DE) possui o maior efeito direto sobre a produtividade de grãos de milho, com exceção do experimento superprecoce do ano agrícola 2010-2011. Além de elevados efeitos diretos, o caractere DE possui efeitos indiretos elevados (Tabelas 16 a 21). O caractere DS teve, em geral, efeito direto negativo sobre a produtividade de grãos e correlação total positiva, nos seis experimentos, devido aos elevados efeitos indiretos via demais caracteres (Tabelas 16 a 21). Alvi et al. (2003) desdobrou os coeficientes de correlação genotípica de componentes do rendimento sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) e verificou que o número de grãos por fileira (0,3874), peso de 1000 grãos (0,2999) e comprimento de espiga (0,2928) possuem os maiores efeitos

diretos sobre a PRO. O número de grãos por fileira ainda teve elevados efeitos indiretos sobre a PRO via altura de planta e de espiga.

No experimento com cultivares de ciclo precoce conduzido em 2009-2010, o caractere DE teve elevados coeficiente de correlação ( $r=0,7824$ ) e efeito direto positivo ( $0,9633$ ) sobre a produtividade de grãos (PRO). O caractere comprimento de espiga (CE), que possui correlação total com a PRO igual a  $r=0,6183$ , possui efeito direto, ainda que positivo, bastante inferior ( $0,3868$ ) ao DE. Com efeito direto negativo, porém com magnitude inferior ( $-0,2780$ ), destaca-se o caractere diâmetro de sabugo (DS) (Tabela 16). O efeito direto do caractere DE, no experimento com cultivares precoces do ano agrícola 2010-2011, foi superior ( $1,1818$ ). O DS possui efeito direto de  $-0,7286$ , mas o elevado efeito indireto positivo via DE ( $0,9095$ ) age de forma a anular esse efeito direto. Outro caractere importante é o CE, que possui efeito direto positivo, sobre a produtividade de grãos, igual a  $0,4000$  (Tabela 17).

No experimento com cultivares superprecoces conduzido no ano agrícola de 2009-2010, o DE tem o mesmo comportamento (efeito direto igual a  $1,1322$ ). Em segundo plano, os caracteres CE e DS, com efeitos diretos iguais a  $0,6620$  e  $-0,4353$ . No entanto, estes efeitos são anulados pelo elevado e de sinal diferente efeito indireto via DE, resultando em correlações totais de baixa magnitude (Tabela 18). Em 2010-2011, a produtividade de grãos das cultivares superprecoces foi influenciada diretamente pelos caracteres: número de folhas (NFO), peso de sabugo (PS) e altura de plantas (AP). Estes caracteres possuem, no entanto, correlação total baixa e não significativa com a PRO. Os caracteres DE e CE possuem correlação linear de Pearson igual a  $0,75$  e  $0,73$ , respectivamente, com a produtividade de grãos, porém não possuem efeito direto elevado sobre a mesma (Tabela 19). Esse comportamento diferencial pode ter relação com a elevada variância residual e baixa variância entre as cultivares (precisão experimental), para os caracteres produtivos (Tabela 4) de cultivares superprecoces na safra 2010-2011, problema este que pode ser ocasionado por uma insuficiência amostral, relatada anteriormente.

Em 2009-2010, no experimento com cultivares transgênicas, os caracteres DE, MCG, PS e CE possuem os maiores efeitos diretos sobre a PRO,  $0,8257$ ,  $0,6147$ ,  $-0,4774$  e  $0,3741$ , respectivamente. No entanto, somente para o DE e MCG estes efeitos se mantêm na correlação total (Tabela 20). No experimento de 2010-2011 os caracteres DE e CE tiveram efeitos diretos iguais a  $0,6686$  e  $0,6105$ ,

respectivamente e coeficientes de correlação sobre a PRO das cultivares transgênicas, iguais a 0,6664 e 0,7635, respectivamente (Tabela 21).

Para Bello et al. (2010) os caracteres peso de espiga (0,582), número de grãos por espiga (0,525) e número de dias para 50% do espigamento (-0,443) possuem maior efeito direto sobre a produtividade de grãos de milho de variedades de polinização aberta e suas F<sub>1</sub> híbridas. O caractere número de grãos por espiga possui o mais elevado e positivo efeito indireto por meio do peso de espiga (0,426). Ahmad e Saleem (2003) estudando os efeitos de caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos em milho, evidenciaram que os caracteres fenológicos possuem maior efeito direto sobre a produtividade de grãos. A relação entre graus dia para a fase vegetativa e reprodutiva, graus dia para o pendoamento e graus dia para a maturidade possuem os maiores efeitos positivos diretos sobre a produtividade de grãos por espiga, enquanto os caracteres graus dia entre o pendoamento e a maturidade e graus dia para o espigamento possuem efeitos negativos (AHMAD; SALEEM, 2003).

**Tabela 16** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), de um experimento com 36 cultivares precoces de milho, conduzido no ano agrícola 2009-2010.

Efeitos	NFO	FNTF	AE	CE	DE	PS	DS	MCG
Direto sobre PRO	0,0751	0,0384	-0,1006	0,3868	0,9633	-0,0751	-0,2780	0,1579
Indireto via NFO		-0,0401	0,0345	-0,0116	-0,0014	0,0008	-0,0053	-0,0073
Indireto via FNTF	-0,0205		-0,0075	-0,0002	-0,0043	-0,0035	0,0004	0,0065
Indireto via AE	-0,0462	0,0196		-0,0114	-0,0190	-0,0098	-0,0043	-0,0251
Indireto via CE	-0,0595	-0,0021	0,0439		0,0580	0,0884	-0,0865	0,1597
Indireto via DE	-0,0180	-0,1076	0,1815	0,1445		0,6128	0,7666	0,3335
Indireto via PS	-0,0008	0,0069	-0,0073	-0,0172	-0,0477		-0,0486	-0,0205
Indireto via DS	0,0197	-0,0029	-0,0118	0,0622	-0,2212	-0,1799		0,0028
Indireto via MCG	-0,0154	0,0266	0,0395	0,0652	0,0547	0,0432	-0,0016	
Total (Corr. Pearson)	-0,0656 <sup>ns</sup>	-0,0612 <sup>ns</sup>	0,1722 <sup>ns</sup>	0,6183*	0,7824*	0,4768*	0,3428*	0,6074*
R <sup>2</sup>	0,9331							
Efeito residual	0,2586							

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo.



**Tabela 17** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com 23 cultivares precoces de milho, conduzido no ano agrícola 2010-2011.

Efeitos	NFO	FNTF	AE	CE	DE	PS	DS	MCG
Direto sobre PRO	0,0071	0,1420	0,0123	0,4000	1,1818	0,0913	-0,7286	-0,0310
Indireto via NFO		-0,0015	0,0045	0,0012	-0,004	0,0010	-0,0034	-0,0007
Indireto via FNTF	-0,0302		-0,0019	0,0601	-0,0117	0,0299	-0,0175	0,0697
Indireto via AE	0,0077	-0,0002		0,0034	-0,0053	0,0029	-0,0052	0,0034
Indireto via CE	0,0694	0,1694	0,1103		-0,054	0,2457	-0,1439	0,3032
Indireto via DE	-0,6591	-0,0973	-0,5109	-0,1595		0,1246	0,9095	0,0884
Indireto via PS	0,0127	0,0192	0,0212	0,0561	0,0096		0,0103	0,0483
Indireto via DS	0,3502	0,0900	0,3085	0,2621	-0,5607	-0,0821		0,1291
Indireto via MCG	0,0029	-0,0152	-0,0086	-0,0235	-0,0023	-0,0164	0,0055	
Total (Corr. Pearson)	-0,2393 <sup>ns</sup>	0,3065 <sup>ns</sup>	-0,0646 <sup>ns</sup>	0,6000*	0,5534*	0,3968 <sup>ns</sup>	0,0266 <sup>ns</sup>	0,6105*
$R^2$	0,9330							
Efeito residual	0,2589							

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo.

**Tabela 18** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com 22 cultivares superprecoces de milho, conduzido no ano agrícola 2009-2010.

Efeitos	NFO	FNTF	AE	CE	DE	PS	DS	MCG
Direto sobre PRO	-0,2621	-0,0042	0,1149	0,6620	1,1322	0,0751	-0,4353	-0,2854
Indireto via NFO		0,1881	-0,1569	-0,0394	-0,0026	-0,1605	-0,0930	0,0313
Indireto via FNTF	0,0030		0,0003	0,0003	-0,0001	0,0013	0,0003	-0,0006
Indireto via AE	0,0687	-0,0092		0,0190	0,0122	0,0667	0,0437	0,0084
Indireto via CE	0,0994	-0,0465	0,1092		-0,2750	0,2525	-0,2252	0,3249
Indireto via DE	0,0111	0,0202	0,1201	-0,4703		0,0168	0,7179	-0,0690
Indireto via PS	0,0460	-0,0224	0,0436	0,0287	0,0011		0,0400	0,0150
Indireto via DS	-0,1545	0,0337	-0,1655	0,1481	-0,2760	-0,2320		0,1151
Indireto via MCG	0,0340	-0,0429	-0,0210	-0,1401	0,0174	-0,0572	0,0755	
Total (Corr. Pearson)	-0,1543 <sup>ns</sup>	0,1166 <sup>ns</sup>	0,0448 <sup>ns</sup>	0,2082 <sup>ns</sup>	0,6092*	-0,0374 <sup>ns</sup>	0,1238 <sup>ns</sup>	0,1398 <sup>ns</sup>
$R^2$	0,7761							
Efeito residual	0,4773							

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo.

**Tabela 19** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com nove cultivares superprecoces de milho, conduzido no ano agrícola 2010-2011.

Efeitos	NFO	FNTF	AE	CE	DE	PS	DS	MCG
Direto sobre PRO	-0,9085	-0,2120	0,4554	0,2243	0,1467	0,8245	-0,2042	-0,2790
Indireto via NFO		0,7723	-0,3528	0,2216	0,0344	-0,5299	-0,5252	-0,1249
Indireto via FNTF	0,1802		0,0172	-0,0751	-0,0021	0,0960	0,1588	-0,0328
Indireto via AE	0,1768	-0,0369		0,1880	0,1065	0,1201	-0,1184	0,2525
Indireto via CE	-0,0547	0,0795	0,0926		0,0698	0,0507	-0,1191	0,1387
Indireto via DE	-0,0056	0,0015	0,0343	0,0457		0,0635	0,0299	-0,0436
Indireto via PS	0,4809	-0,3734	0,2175	0,1866	0,3570		0,3842	0,1894
Indireto via DS	-0,1180	0,1529	0,0531	0,1084	-0,0416	-0,0951		0,1146
Indireto via MCG	-0,0384	-0,0431	-0,1547	-0,1726	0,0830	-0,0641	0,1566	
Total (Corr. Pearson)	-0,2872 <sup>ns</sup>	0,3408 <sup>ns</sup>	0,3626 <sup>ns</sup>	0,7268*	0,7537*	0,4657 <sup>ns</sup>	-0,2374 <sup>ns</sup>	0,2148 <sup>ns</sup>
$R^2$	0,9998							
Efeito residual	0,0129							

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo.

**Tabela 20** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com 18 cultivares transgênicas de milho, conduzido no ano agrícola 2009-2010.

Efeitos	NFO	FNTF	AE	CE	DE	PS	DS	MCG
Direto sobre PRO	0,2399	-0,0929	0,1709	0,3741	0,8257	-0,4774	0,0197	0,6147
Indireto via NFO		-0,0330	0,1730	0,0562	-0,0478	0,0481	-0,0210	-0,1095
Indireto via FNTF	0,0128		-0,0253	-0,0444	0,0346	-0,0261	0,0037	-0,0380
Indireto via AE	0,1232	0,0465		0,0774	-0,0267	0,0668	-0,0083	0,0056
Indireto via CE	0,0876	0,1788	0,1694		-0,0697	0,2401	0,0573	0,0432
Indireto via DE	-0,1644	-0,3081	-0,1292	-0,1539		0,2676	0,5863	0,1580
Indireto via PS	-0,0958	-0,1343	-0,1866	-0,3064	-0,1547		-0,3556	-0,0929
Indireto via DS	-0,0017	-0,0008	-0,0010	0,0030	0,0140	0,0147		0,0013
Indireto via MCG	-0,2805	0,2517	0,0202	0,0710	0,1176	0,1196	0,0401	
Total (Corr. Pearson)	-0,0789 <sup>ns</sup>	-0,0919 <sup>ns</sup>	0,1915 <sup>ns</sup>	0,0770 <sup>ns</sup>	0,6930*	0,2532 <sup>ns</sup>	0,3220 <sup>ns</sup>	0,5824*
$R^2$	0,8668							
Efeito residual	0,3650							

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo.

**Tabela 21** – Efeitos diretos e indiretos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) dos caracteres número de folhas por planta (NFO), filocrono estimado com o número total de folhas (FNTF), altura de inserção de espiga (AE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), peso de sabugo (PS), diâmetro de sabugo (DS) e massa de cem grãos (MCG), correlação total, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e efeito residual, de um experimento com 27 cultivares transgênicas de milho, conduzido no ano agrícola 2010-2011.

Efeitos	NFO	FNTF	AE	CE	DE	PS	DS	MCG
Direto sobre PRO	0,1639	-0,0143	-0,0915	0,6105	0,6686	-0,1259	-0,2142	0,0216
Indireto via NFO		-0,0887	0,1127	0,0076	-0,0559	0,0036	0,0067	-0,0710
Indireto via FNTF	0,0078		0,0030	-0,0011	-0,0012	-0,0053	-0,0017	-0,0010
Indireto via AE	-0,0629	0,0194		0,0034	0,0294	-0,0049	-0,0032	0,0074
Indireto via CE	0,0284	0,0466	-0,0228		0,1554	0,0859	0,0147	-0,1196
Indireto via DE	-0,2281	0,0560	-0,2147	0,1702		0,1111	0,3558	0,1571
Indireto via PS	-0,0028	-0,0466	-0,0067	-0,0177	-0,0209		-0,0796	0,0089
Indireto via DS	-0,0087	-0,0251	-0,0076	-0,0051	-0,1140	-0,1355		0,0001
Indireto via MCG	-0,0093	0,0015	-0,0017	-0,0042	0,0051	-0,0015	0,00001	
Total (Corr. Pearson)	-0,1117 <sup>ns</sup>	-0,0514 <sup>ns</sup>	-0,2293 <sup>ns</sup>	0,7635*	0,6664*	-0,0725 <sup>ns</sup>	0,0783 <sup>ns</sup>	0,0035 <sup>ns</sup>
$R^2$	0,9075							
Efeito residual	0,3041							

\*Efeito significativo pelo teste t com 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup>Não-significativo.

O desdobramento dos coeficientes de correlação entre caracteres em efeitos causais diretos e indiretos em experimentos de milho foi estudado por vários pesquisadores (CARVALHO et al., 2001; ALVI et al., 2003; OJO et al., 2006; LOPES et al., 2007; BELLO et al., 2010), porém os resultados dependem do número e de quais caracteres foram avaliados em cada um destes experimentos. Os caracteres número de espigas e peso de 50 grãos foram considerados por Carvalho et al. (2001) promissores para a seleção indireta, visando incremento no peso de grãos de milho, uma vez que possuem elevado efeito direto sobre o mesmo. Já Lopes et al. (2007) estudando a influência de características morfológicas da espiga sobre o peso de grãos (produtividade por espiga), em diferentes bases genéticas constataram que as diferenças entre os híbridos dificultam a indicação de caracteres promissores no melhoramento desta característica.

A análise de regressão múltipla de stepwise evidenciou contribuições efetivas de caracteres diferentes, na predição da produtividade de grãos de milho, em cada um dos seis experimentos. As equações de regressão são apresentadas na tabela 22 e mostram os caracteres e suas respectivas contribuições, em ordem de importância. De uma maneira geral, os caracteres com maior influência positiva

sobre a produtividade de grãos de milho, para as cultivares de ciclo precoce, ciclo superprecoce e cultivares transgênicas foram diâmetro e comprimento de espiga (DE, CE) (Tabela 22), corroborando com os resultados obtidos na análise de trilha. Nos experimentos realizados com cultivares precoces, os caracteres DE e CE apresentaram os maiores efeitos positivos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO). Para cada unidade de diâmetro a PRO é incrementada em 6,42 e 11,24 vezes e para cada unidade de comprimento em 6,19 e 8,05, respectivamente para os experimentos de 2009-2010 e 2010-2011 (Tabela 22). Para as cultivares de ciclo superprecoce os mesmos caracteres apresentaram efeitos positivos sobre a PRO, com aumentos de 8,12 e 10,83, no ano agrícola 2009-2010 e de 4,91 e 10,03 em 2010-2011 (Tabela 22). A PRO das cultivares transgênicas de milho foi influenciada pelos caracteres NFO, DE e MCG, na safra 2009-2010 e pelos caracteres CE, DE e PS na safra seguinte (Tabela 22). Os coeficientes de determinação das regressões múltiplas oscilaram entre 0,66 e 0,91, mostrando que os modelos explicam entre 66% e 91% da produtividade de grãos de cultivares de milho de ciclos precoce e superprecoce e cultivares transgênicas de milho (Tabela 22). Em estudo realizado por Balbinot Junior et al. (2005) os caracteres densidade de plantas, número de espigas por planta, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e massa de 1000 grãos, explicaram 68,1 % das variações na produtividade de grãos de milho de variedades de polinização aberta.

**Tabela 22** – Equações de regressão linear múltipla de stepwise entre os caracteres explicativos (número de folhas por planta (NFO), comprimento de espiga (CE), em cm, diâmetro de espiga (DE), em mm, peso de sabugo (PS), em g, diâmetro de sabugo (DS), em mm e massa de cem grãos (MCG), em g) e a produtividade de grãos de milho, em g espiga<sup>-1</sup> e respectivo coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), em seis experimentos com cultivares precoces, superprecoces e transgênicas de milho, conduzidos nos anos agrícolas de 2009-2010 e 2010-2011.

Equação de regressão	R <sup>2</sup>
----- Experimento Precoce 2009-2010 ----- $PRO = -204,14 + 6,42DE + 6,19CE - 3,20DS + 1,02MCG$	0,9239
----- Experimento Precoce 2010-2011 ----- $PRO = -285,10 + 11,23DE - 8,95DS + 8,05CE$	0,9161
----- Experimento Superprecoce 2009-2010 ----- $PRO = -366,51 + 8,12DE + 10,83CE - 1,67PS$	0,7125
----- Experimento Superprecoce 2010-2011 ----- $PROD = -263,55 + 4,91DE + 10,03CE$	0,8363
----- Experimento Transgênico 2009-2010 ----- $PRO = -285,06 + 4,45DE + 4,29MCG + 5,20NFO$	0,7733
----- Experimento Transgênico 2010-2011 ----- $PRO = -281,75 + 13,73CE + 5,15DE - 1,60PS$	0,8840

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos seis experimentos com cultivares de milho de ciclo precoce, de ciclo superprecoce e classe transgênica, conduzidos em duas safras agrícolas (2009-2010 e 2010-2011), foi constatado que em apenas 11,11%, 5,56% e 3,33% dos casos avaliados (15 caracteres × 6 experimentos) foram violados os pressupostos de homogeneidade de variâncias residuais, aditividade dos efeitos do modelo matemático e aleatoriedade dos resíduos, respectivamente. A pressuposição de normalidade das variâncias residuais foi atendida em todos os casos estudados (Tabelas 1 a 6). Assim, a realização da análise de variância foi adequada.

Existem, em geral, diferenças significativas entre as cultivares de milho precoces, superprecoces e transgênicas quanto aos caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos, dos experimentos de ambos os anos. A existência de variabilidade genética entre as cultivares é importante em programas de melhoramento genético de plantas, permite o estudo das associações entre os caracteres e a indicação de caracteres promissores para seleção indireta. A precisão experimental oscilou, de maneira geral, entre alta e muito alta (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2009), conferindo credibilidade aos resultados obtidos (Tabelas 1 a 6).

Quanto aos coeficientes de correlação linear de Pearson entre os caracteres avaliados, tomando a produtividade de grãos de milho (PRO) como caractere principal constatou-se que o caractere peso de espiga (PE) possui a correlação de maior magnitude ( $r \geq 0,97$ ) com a PRO, em todos os experimentos. Com magnitudes inferiores, mas significativos, em geral, destacam-se os caracteres produtivos diâmetro de espiga (DE;  $0,55 \leq r \leq 0,78$ ), em todos os experimentos, e comprimento de espiga (CE;  $0,60 \leq r \leq 0,76$ ), nos experimentos com cultivares de ciclo precoce, em 2009-2010, experimentos com cultivares de ciclo precoce e superprecoce e cultivares transgênicas, em 2010-2011 (Tabelas 13 a 16). Considerando a elevada correlação entre os caracteres PE, DE e CE com a PRO, estes caracteres podem ser utilizados, para a seleção indireta, em programas de melhoramento genético de plantas de milho, com a finalidade de incrementar a produtividade de grãos da

cultura. No entanto, os caracteres DE e CE podem ser avaliados, ainda no campo, sem a necessidade de realizar a colheita das espigas.

Por meio do diagnóstico de multicolinearidade, foi possível verificar a magnitude e as variáveis causadoras deste problema. Em todos os experimentos foi confirmada a presença de multicolinearidade moderada a forte ou severa e o descarte de caracteres, considerado adequado em experimentos de milho (CARVALHO, et al., 2001; TOEBE, 2012), foi realizado. Com o descarte dos caracteres filocrono estimado com o número de folhas expandidas (FNFE), número de dias da sementeira até o florescimento masculino (FM) e feminino (FF), altura de planta (AP), peso de espiga (PE) e número de fileiras de grãos por espiga (NFI) foi possível a realização da análise de trilha e de regressão múltipla stepwise, sem efeitos viesados por multicolinearidade.

A magnitude das estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres explicativos sobre a produtividade de grãos de milho (PRO) é diferente para cada um dos experimentos. De uma maneira geral, o caractere diâmetro de espiga (DE) teve elevados efeitos diretos ( $0,6686 \leq \text{efeito direto} \leq 1,1818$ ) e indiretos sobre a PRO. Outros caracteres tiveram efeitos diretos sobre a PRO, de menor magnitude e variando de acordo com o experimento (cultivares de ciclo precoce e superprecoce e cultivares transgênicas) e o ano da condução experimental (Tabelas 16 a 21). A exceção, o experimento com cultivares de ciclo superprecoce do ano agrícola de 2010-2011, em que o maior efeito direto sobre a PRO ( $-0,9085$  e  $0,8245$ ) foi verificado para os caracteres número de folhas por planta (NFO) e peso de sabugo, respectivamente (Tabela 19), deve ser interpretado com cautela. Neste experimento, em geral, as cultivares não apresentaram diferenças significativas para os caracteres produtivos, o que limita a seleção em programas de melhoramento genético de plantas. Também, devido a elevada variância residual em relação a genética, para alguns caracteres, não foi possível estimar a acúrcia seletiva (Tabela 4), estatística de precisão adequada para classificação de experimentos com a cultura do milho (CARGNELUTTI FILHO; STORCK, 2009). O número de cultivares avaliadas neste experimento (9 cultivares) foi relativamente baixo, e pode ter influenciado na precisão experimental e nas estimativas dos efeitos diretos e indiretos discordantes em relação aos demais experimentos.

Por meio da análise de regressão múltipla foram verificados quais caracteres possuem influência sobre a produtividade de grãos e estimada a contribuição de

cada um deles em sua predição. Em geral, os caracteres comprimento de espiga (CE) e diâmetro de espiga (DE) possuem a maior contribuição positiva para a produtividade de grãos de milho (Tabela 22). Assim, como critérios de seleção, em geral, os melhoristas devem considerar plantas com espigas maiores, com maior comprimento e diâmetro, pois estas características contribuem para uma maior produtividade de grãos de milho de cultivares de ciclo precoce e ciclo superprecoce e cultivares transgênicas.



## **CONCLUSÕES**

1 – Existem relações lineares entre os caracteres fenológicos, morfológicos e produtivos de plantas milho, nos experimentos com cultivares de ciclo precoce, de ciclo superprecoce e classe transgênica.

2 – Os caracteres comprimento e diâmetro de espiga podem ser utilizados pelos pesquisadores na seleção indireta, em programas de melhoramento genético, buscando incrementos na produtividade de grãos das cultivares de milho.

## REFERÊNCIAS

ALVI, M.B. et al. Character association and path coefficient analysis of grain yield and yield components maize (*Zea mays* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 6, p. 136-138, 2003.

AHMAD, A.; SALEEM, M. Path coefficient analysis in *Zea mays* L. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 5, p. 245-248, 2003.

ARNOLD, C.Y. Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. **Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences**, v. 76, p. 682-692, 1960.

BAKER, J.T.; REDDY, V.R. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. **Annals of Botany**, v. 87, p. 605-613, 2001.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, p. 161-166, 2005.

BARROS, L. B.; MOREIRA, R. M. P.; FERREIRA, J. M. Phenotypic, additive genetic and environment correlations of maize landraces populations in family farm systems. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 685-691, 2010.

BELLO, O. B. et. al. Correlation and path coefficient analysis of yield and agronomic characters among open pollinated maize varieties and their F<sub>1</sub> hybrids in a diallel cross. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, p. 2633-2639, 2010.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 17-24, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 111-117, 2009.

CARVALHO, C. G. P. de et. al. Path analysis under multicollinearity in S<sub>0</sub> x S<sub>0</sub> maize hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, p. 263-270, 2001.

CARVALHO, F. I. F. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel, 2004. 142p.

COLET, M.J. et al. Processo de semeadura e o rendimento do milho na região dos Campos Gerais do Paraná. **Ciência Rural**, v.37, p.994-999, 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, décimo segundo levantamento. Brasília: Conab, 2012. 30p. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

CRUZ, C.D. **Programa genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa: UFV, 2006. 285p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C .S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v. 2. Viçosa: UFV, 2003.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

CRUZ, J. C.; QUEIROZ, L. R.; PEREIRA FILHO, I. A. **Milho – Cultivares para 2012/2013** – Mais de 210 cultivares transgênicas são disponibilizadas no mercado de sementes do Brasil para a safra 2012/13, EMBRAPA, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>>. Acesso em: 22 nov. 2012.

EHSANI-MOGHADDAM, B.; DEELL, J. Correlation and path-coefficient analysis of ripening attributes and storage disorders in ‘Ambrosia’ and ‘Empire’ apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, p. 168-173, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de produção**: Cultivo do milho. EMBRAPA Milho e Sorgo: 6. ed., 2010. Disponível em :< [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/index.htm)>. Acesso em: 22 nov. 2012.

EMYGDIO, B.M.; IGNACZAK, J.C.; CARGNELUTTI FILHO, A. Potencial de rendimento de grãos de híbridos comerciais simples, triplos e duplos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, p. 95-103, 2007.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FARIAS NETO, A. L.; MIRANDA FILHO, J.B. de. Genetic correlation between traits in the ESALQ-PB1 maize population divergently selected for tassel size and ear height. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 119-123, 2001.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT**: Countries by commodity – Top Production – Maize – 2010. FAO, 2010. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 10 nov. 2012.

FERREIRA, D.F. **Estatística Básica**. 2. Ed. Revisada. Lavras: Ed. UFLA, 2009. 664p.

FERREIRA, D.F. **Estatística Multivariada**. 1.Ed. Lavras: UFLA, 2008. 662p.

HAIR, J.F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.

KUREK, A.J. et al. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 7, p. 29-32, 2001.

LOPES, S.J. et al. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1.536-1.542, 2007.

MALIK, H.N. et al. Genetic correlation among various quantitative characters in maize (*Zea Mays* L.) hybrids. **Journal of Agriculture & Social Sciences**, v. 1, p. 262-265, 2005.

MARQUES, D.G. et al. Qualidade dos ensaios de competição de cultivares de milho no estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 30, p. 381-385, 2000.

MARTINS, J.D. et al. Estimativa do filocrono em milho para híbridos com diferentes ciclos de desenvolvimento vegetativo. **Ciência Rural**, v. 42, p. 777-783, 2012.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2007. 297p.

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. Introduction to linear regression analysis. New York: John Wiley e Sons, 1982. 504p.

MOTA, F.S. da. **Meteorologia Agrícola**. 4 ed. São Paulo: Nobel, 1979. 376p.

NEMATI, A. et al. Investigation of correlation between traits and path analysis of corn (*Zea mays* L.) grain yield at the climate of Ardabil region (Northwest Iran). **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 1, p. 194-198, 2009.

OJO, D.K. et al. Heritability, Character correlation and path coefficient analysis among six inbred-lines of maize (*Zea mays* L.). **World Journal of Agricultural Science**, v. 2, p. 352-358, 2006.

RESENDE, M.D.V. de; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194, 2007.

RODRIGUES, G.B. et al. Análise de trilha de componentes de produção primários e secundários em tomateiro do grupo salada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 155-162, 2010.

SANTOS, P.G. et al. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 597-602, 2002.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SILVA, P.P. da et al. Path analysis for selection of drought tolerant sugarcane genotypes through physiological components. **Industrial crops and products**, v. 37, p. 11-19, 2012.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's guide**. Version 9.1. Cary: SAS Institute, 2002.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS-ASCAR, 2008. 222p.

STORCK, L. et al. **Experimentação Vegetal**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2006. 198p.

TOEBE, M. **Não-normalidade multivariada e multicolinearidade em análise de trilha na cultura de milho.** 2012. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Statistics by subject: National statistics for corn, 2012.** Disponível em: <[http://www.nass.usda.gov/Statistics\\_by\\_Subject/result.php?E5FC7E38-5DCF-3536-9F3E-4F2E74B59902&sector=CROPS&group=FIELD%20CROPS&comm=CORN](http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/result.php?E5FC7E38-5DCF-3536-9F3E-4F2E74B59902&sector=CROPS&group=FIELD%20CROPS&comm=CORN)>. Acesso em: 22 nov. 2012.

VIEIRA, E.A. et al. Análise de trilha entre os componentes primários e secundários do rendimento de grãos em trigo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, p. 169-174, 2007.

## **ANEXOS**

**Anexo A – Relação das cultivares híbridas precoces utilizadas no experimento de milho da safra 2009-2010, empresa obtentora e características do grão.**

Cultivar	Código	Tipo de Híbrido	Obtentora	Coloração	Tipo de Grão
20A55	01	Triplo	Agromen	Alaranjado	Semi Duro
30A91	02	Simples	Agromen	Alaranjado	Semi Duro
ATL 200	03	Triplo	Atlantica	Alaranjado	Semi Dentado
BM 207	04	Duplo	Biomatrix	Alaranjado	Semi Duro
BM 822	05	Simples	Biomatrix	Vermelho-Alaranjado	Semi Dentado
CD 321	06	Simples	Coodetec	Amarelo	Semi Dentado
CO 327	07	Simples modificado	Coodetec	Alaranjado	Duro
CO 388	08	Duplo	Coodetec	Amarelo	Semi Dentado
DKB 245	09	Simples	Dekalb	Laranja	Duro
Dx 510	10	Triplo	Delta	Amarelo	Semi Duro
2B655	11	Triplo	Dow	Alaranjado	Semi Duro
2B688	12	Triplo	Dow	Alaranjado	Semi Duro
PMS 0219A54	13	Triplo	Embrapa	Amarelo-Alaranjado	Semi Duro
FTH 404	14	Duplo	FT Sementes	Alaranjado	Semi Duro
FTH 900	15	Triplo	FT Sementes	Alaranjado	Semi Duro
CEP M 128	16	Simples	Fundacep	Alaranjado	Semi Duro
CEP M 130	17	Simples	Fundacep	Alaranjado	Semi Duro
CEP M 143	18	Simples	Fundacep	Laranja	Duro
GNZ 2005	19	Triplo	Geneze Sementes	Alaranjado	Semi Duro
GNZ 2728	20	Duplo	Geneze Sementes	Alaranjado	Semi Duro
GNZX 0744	21	Duplo	Geneze Sementes	Alaranjado	Semi Duro
KSP 1356	22	Simples	KSP Sementes	Vermelho-Alaranjado	Semi Duro
KSP 3246	23	Triplo	KSP Sementes	Alaranjado	Semi Duro
BX 945	24	Simples	Nidera	Alaranjado	Semi Dentado
BG 7060	25	Triplo	Pioneer	Laranja	Semi Duro
P 30B39	26	Simples modificado	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
SHX 5121	27	Triplo	Santa Helena	Laranja	Duro
SHX 7222	28	Simples	Santa Helena	Laranja	Duro
SHX 7323	29	Simples	Santa Helena	Laranja	Duro
XB 6012	30	Simples	Semeali	Alaranjado	Semi Dentado
XBX 70202	31	Simples	Semeali	Alaranjado	Semi Dentado
AG 8025	32	Simples	Agrocerec	Alaranjado	Semi Duro
AG 9040	33	Simples	Agrocerec	Laranja	Semi Duro
P 30R50	34	Simples	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
AG 5011	35	Triplo	Agrocerec	Amarelo	Semi Dentado
AG 2020	36	Duplo	Agrocerec	Amarelo	Semi Duro

Fonte: Material cedido pela FEPAGRO para realização de experimentos da rede de avaliação de cultivares de milho do Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2009-2010.



**Anexo B – Relação das cultivares híbridas precoces utilizadas no experimento de milho da safra 2010-2011, empresa obtentora e características do grão.**

Cultivar	Código	Tipo de Híbrido	Obtentora	Coloração	Tipo de Grão
ATL 200	01	Simples	Atlantica	Alaranjado	Semi Duro
ATL 400	02	Triplo	Atlantica	Alaranjado	Semi Duro
BM 207	03	Triplo	Biomatrix	Amarelo-alaranjado	Semi Duro
BMx 902	04	Triplo	Biomatrix	Amarelo-alaranjado	Dentado
BRAS 3010	05	Duplo	Brasmilho	Alaranjado	Semi Duro
PL 6882	06	Triplo	Brasmilho	Amarelo	Semi Dentado
CD 388	07	Duplo	Coodetec	Amarelo	Semi Dentado
CD 393	08	Simples	Coodetec	Alaranjado	Duro
EMBRAPA 1F640	09	Simples	Embrapa	Laranja-avermelhado	Semi Dentado
KSP 230	10	Triplo	KSP Sementes	Amarelo	Semi Duro
MS 2010	11	Simples	Maffini Sementes	Alaranjado	Semi Duro
PRE 32D10	12	Duplo	Prezzotto	Alaranjado	Semi Duro
PRE 32S11	13	Simples	Prezzotto	Alaranjado	Semi Duro
SHX 5550	14	Triplo	Santa Helena	Avermelhado	Duro
SHS 5560	15	Triplo	Santa Helena	Laranja	Duro
SHS 7770	16	Simples	Santa Helena	Laranja	Duro
SHX 7323	17	Simples	Santa Helena	Laranja	Duro
XB 7258	18	Duplo	Semeali	Alaranjado	Semi Duro
XBX 70202	19	Simples	Semeali	Alaranjado	Semi Duro
AG 8025	20	Simples	Agroceres	Alaranjado	Semi Duro
P 30R50	21	Simples	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
AG 5011	22	Triplo	Agroceres	Amarelo	Semi Dentado
AS 32	23	Duplo	Agroeste	Amarelo	Semi Duro

Fonte: Material cedido pela FEPAGRO para realização de experimentos da rede de avaliação de cultivares de milho do Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2010-2011.

**Anexo C – Relação das cultivares híbridas superprecoces utilizadas no experimento de milho da safra 2009-2010, empresa obtentora e características do grão.**

Cultivar	Código	Tipo de Híbrido	Obtentora	Coloração	Tipo de Grão
BM 911	01	Simples	Biomatrix	Vermelho-Alaranjado	Semi Dentado
Dx 915	02	Simples modificado	Delta	Amarelo	Semi Duro
2B433	03	Triplo	Dow	Amarelo-Alaranjado	Semi Dentado
PMS 3919	04	Simples	Embrapa	Amarelo-Alaranjado	Semi Duro
PMS 1635A08	05	Triplo	Embrapa	Amarelo-Alaranjado	Semi Duro
FTH 960	06	Triplo	FT Sementes	Avermelhado	Duro
GNZ 0729	07	Simples	Geneze Sementes	Alaranjado	Semi Duro
GNZ 9505	08	Simples	Geneze Sementes	Alaranjado	Semi Duro
Bx 898	09	Simples	Nidera	Amarelo	Semi Dentado
HS 79707	10	Simples	Nidera	Alaranjado	Semi Dentado
PRE 12S12	11	Simples	Prezzotto	Alaranjado	Semi Duro
PRE 22D11	12	Duplo	Prezzotto	Alaranjado	Semi Duro
PRE 22S11	13	Simples	Prezzotto	Alaranjado	Semi Duro
PRE 22T10	14	Triplo	Prezzotto	Alaranjado	Semi Duro
RBX 79	15	Simples	Riber	Amarelo	Semi Dentado
SHS 7090	16	Simples	Santa Helena	Alaranjado	Semi Duro
SHX 7111	17	Simples	Santa Helena	Alaranjado	Semi Duro
AG 9045	18	Simples	Agroceres	Alaranjado	Semi Duro
BALU 7690	19	Simples	Sementes Balu	Vermelho	Duro
SG 6302	20	Triplo	Sementes Guerra	Amarelo	Semi Duro
AG 9020	21	Simples	Agroceres	Amarelo	Semi Dentado
BG 7060	22	Triplo	Pioneer	Laranja	Semi Duro

Fonte: Material cedido pela FEPAGRO para realização de experimentos da rede de avaliação de cultivares de milho do Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2009-2010.

**Anexo D – Relação das cultivares híbridas superprecoces utilizadas no experimento de milho da safra 2010-2011, empresa obtentora e características do grão.**

Cultivar	Código	Tipo de Híbrido	Obtentora	Coloração	Tipo de Grão
2B433	01	Triplo	Dow	Amarelo-Alaranjado	Semi Dentado
PMS 0219A39	02	Triplo	Embrapa		
PMS 1635A08	03	Triplo	Embrapa		
PMS 4519A08	04	Triplo	Embrapa		Semi Duro
PRE 22S11	05	Simple	Prezzotto	Alaranjado	Semi Duro
SHS 4090	06	Duplo	Santa Helena	Laranja	Duro
SHX 7111	07	Simple	Santa Helena	Alaranjado	Semi Duro
AG 9045	08	Simple	Agroceres	Alaranjado	Semi Duro
BG 7060	09	Triplo	Pioneer	Laranja	Semi Duro

Fonte: Material cedido pela FEPAGRO para realização de experimentos da rede de avaliação de cultivares de milho do Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2010-2011.

**Anexo E –** Relação das cultivares híbridas transgênicas utilizadas no experimento de milho da safra 2009-2010, empresa obtentora e características do grão.

Cultivar	Código	Tipo de Híbrido	Obtentora	Coloração	Tipo de Grão
AS 1551 YG	01	Simples	Agroeste	Amarelo	Semi Duro
AS 1555 YG	02	Simples	Agroeste	Alaranjado	Duro
AS 1572 YG	03	Triplo	Agroeste	Alaranjado	Duro
AS 1573 YG	04	Simples	Agroeste	Amarelo	Semi Duro
AS 1578 YG	05	Simples	Agroeste	Alaranjado	Duro
DKB 240 YG	06	Simples	Dekalb	Alaranjado	Semi Duro
DKB 566 YG	07	Triplo	Dekalb	Alaranjado	Semi Dentado
2B604HX	08	Simples	Dow	Alaranjado	Semi Duro
P30B39Y	09	Simples modificado	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
P30F36Y	10	Simples	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
P30F53Y	11	Simples	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
P30F53H	12	Simples	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
P32R48Y	13	Simples	Pioneer	Laranja	Semi Duro
BG 7060Y	14	Triplo	Pioneer	Laranja	Semi Duro
AG 8011 YG	15	Simples modificado	Agrocere	Alaranjado	Semi Dentado
AG 9020 YG	16	Simples	Agrocere	Alaranjado	Semi Dentado
BG 8124 YG	17	Simples	Agrocere	Laranja	Semi Duro
BG8418YG	18	Simples	Agrocere	Alaranjado	Semi Duro

Fonte: Material cedido pela FEPAGRO para realização de experimentos da rede de avaliação de cultivares de milho do Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2009-2010.

**Anexo F – Relação das cultivares híbridas transgênicas utilizadas no experimento de milho da safra 2010-2011, empresa obtentora e características do grão.**

Cultivar	Código	Tipo de Híbrido	Obtentora	Coloração	Tipo de Grão
AS 1551 YG	01	Simple	Agroeste	Amarelo	Semi Duro
AS 1555 YG	02	Simple	Agroeste	Alaranjado	Duro
AS 1572 YG	03	Triplo	Agroeste	Alaranjado	Duro
AS 1573 YG	04	Simple	Agroeste	Amarelo	Semi Duro
AS 1578 YG	05	Simple	Agroeste	Alaranjado	Duro
CD 384 Hx	06	Triplo	Coodetec	Alaranjado	Semi Dentado
CD 386 Hx	07	Simple	Coodetec	Alaranjado	Semi Dentado
CD 397 YG	08	Triplo	Coodetec	Amarelo	Semi Dentado
DKB 240 YG	09	Simple	Dekalb	Alaranjado	Semi Duro
DKB 566 YG	10	Triplo	Dekalb	Alaranjado	Semi Dentado
2B604Hx	11	Simple	Dow	Alaranjado	Semi Duro
2B655 Hx	12	Triplo	Dow	Alaranjado	Semi Duro
2B688 Hx	13	Triplo	Dow	Alaranjado	Semi Duro
20A55Hx	14	Triplo	Dow	Alaranjado	Semi Duro
20A78 Hx	15	Triplo	Dow	Amarelo-Alaranjado	Semi Dentado
30A95 Hx	16	Triplo	Dow	Alaranjado	Semi Duro
30B39 H	17	Simple modificado	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
30F53 H	18	Simple	Pioneer	Alaranjado	Semi Duro
32R22 H	19	Simple	Pioneer	Amarelo-Alaranjado	Semi Duro
32R48 H	20	Simple	Pioneer	Laranja	Semi Duro
BG 7049 Y	21	Triplo	Pioneer	Amarelo-Alaranjado	Semi Duro
BG 7051 H	22	Triplo	Pioneer	Amarelo-Alaranjado	Semi Duro
BG 7060 Y	23	Triplo	Pioneer	Laranja	Semi Duro
P1630 H	24	Simple	Pioneer	Amarelo-Alaranjado	Semi Dentado
AG 8011 YG	25	Simple modificado	Agrocere	Alaranjado	Semi Dentado
AG 8022 YG	26	Simple	Agrocere	Alaranjado	Semi Duro
AG 8041 YG	27	Simple	Agrocere	Laranja	Semi Duro

Fonte: Material cedido pela FEPAGRO para realização de experimentos da rede de avaliação de cultivares de milho do Rio Grande do Sul, no ano agrícola 2010-2011.