

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE**

Adán Marcel Puc Uitzil

**CARACTERIZAÇÃO DE MILHO CRIOULO E DESFOLHA
ARTIFICIAL DE HÍBRIDO SIMPLES**

Frederico Westphalen, RS
2017

Adán Marcel Puc Uitzil

**CARACTERIZAÇÃO DE MILHO CRIOULO E DESFOLHA ARTIFICIAL DE
HÍBRIDO SIMPLES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**

Orientador: Prof. Dr. Velci Queiróz de Souza

Frederico Westphalen, RS
2017

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

Puc Uitzil, Adán Marcel
CARACTERIZAÇÃO DE MILHO CRIOULO E DESFOLHA ARTIFICIAL
DE HÍBRIDO SIMPLES / Adán Marcel Puc Uitzil.- 2017.
68 p.; 30 cm

Orientador: Velci Queiróz de Souza
Coorientadores: Denise Schmidt, Braulio Otomar Caron,
Maicon Nardino
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2017

1. Zea mays L 2. Maturação fisiológica 3. Caracterização
4. Dano foliar 5. Antese I. Queiróz de Souza, Velci II.
Schmidt, Denise III. Otomar Caron, Braulio IV. Nardino,
Maicon V. Título.

© 2017

Todos os direitos autorais reservados a Adán Marcel Puc Uitzil. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: adanpuc@hotmail.com

Adán Marcel Puc Uitzil

**CARACTERIZAÇÃO DE MILHO CRIOULO E DESFOLHA ARTIFICIAL DE
HÍBRIDO SIMPLES**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agronomia**

Aprovado em 20 de fevereiro de 2017

Velci Queiróz de Souza, Dr. (UNIPAMPA)
(Presidente/Orientador)

Volmir Sergio Marchioro (UFSM)
(Examinador)

Marcos Vinícius Marques Pinheiro (UFSM)
(Examinador)

Frederico Westphalen, RS

2017

DEDICATÓRIA

Ao meu filho Álvaro Adán Puc Ku e a minha esposa Zuleima Maribel Ku Noh, aos meus pais José Artemio Puc May e María Magdalena Uitzil Pool e todos aos meus irmãos, por todo o seu grande amor e apoio incondicional, dedico-lhes este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela oportunidade de existir, por me dar tudo o que eu preciso para ser feliz e ser capaz de sair sempre adiante.

Ao meu filho Álvaro Adán Puc Ku e a minha esposa Zuleima Maribel Ku Noh, por serem a minha felicidade e fortaleza e pelo seu apoio incondicional.

Aos meus pais José Artemio Puc May e Maria Magdalena Uitzil Pool, meus irmãos, pelo seu amor, conselhos, apoio e me dar os melhores exemplos e educação dos valores.

À Dra. Ofélia Angulo Guerrero, pela sua participação fundamental no convenio CONACYT-TecNM-COIMBRA.

À Dra. Maria del Carmen Montalvo Peniche, pela orientação, confiança e apoio incondicional.

Ao Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao Grupo COIMBRA de Universidades Brasileiras (GCUB) e à Universidade Federal de Santa Maria, pela disponibilidade e a oportunidade.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, pela possibilidade de cursar o Mestrado.

Ao meu orientador Dr. Velci Queiróz de Souza, pela oportunidade de me integrar no seu grupo de pesquisa, pela orientação e pela confiança.

Ao Professor Rafaelo Balbinot, pela sua humildade e ensino diferenciado como professor e pessoa.

Ao colega Estadunidense John Stolzle, pela sua amizade e contribuição no meu desenvolvimento pessoal.

Ao Colega Tiago Olivoto e ao Doutor Maicom Nardino, pela amizade e indispensável colaboração na condução dos experimentos de campo e orientação nas análises estatísticas.

A todos os colegas do Laboratório de Melhoramento Genético e Produção de Plantas, pelo companheirismo e pela ajuda na realização das avaliações desta e demais pesquisas.

A todas as personas que contribuíram para meu desenvolvimento pessoal e profissional, sendo parte deste logro em mais uma etapa da minha vida.

A TODOS, MUITO OBRIGADO!

Quem assume sua verdade age de acordo com os valores da vida, mesmo enfrentando o preconceito e pagando o preço de ser diferente, passa credibilidade, obtem respeito e se realiza.

(Luiz Gasparetto)

RESUMO

CARACTERIZAÇÃO DE MILHO CRIOULO E DESFOLHA ARTIFICIAL DE HÍBRIDO SIMPLES

AUTOR: Adán Marcel Puc Uitzil
ORIENTADOR: Velci Queiróz de Souza

O milho é um dos cereais mais importantes, sendo cultivado em diversos países no mundo, pois tem papel fundamental na alimentação humana e animal, sendo também indispensável para indústria. No entanto, a tendência de superar a produtividade deste cereal é um desafio constante. Dessa forma, os objetivos do presente trabalho foram: caracterizar famílias S₁, S₂ e S₃ de milho crioulo quanto ao desenvolvimento fenológico, exigência térmica e sincronia floral; revelar os efeitos da desfolha artificial realizada durante a maturação filológica sobre os componentes de rendimento em híbridos simples de milho submetidos a diferentes densidades de semeadura. O estudo 1 (E1) foi conduzido na safra agrícola 2015/2016 na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen (UFSM-FW). Para isto, foram estudadas 34 famílias segregantes em diferentes gerações, oriundas de quatro populações de milho crioulo (Planalto, Dente de Ouro, Argentino Amarelo e Argentino Branco). Para isso, cinco híbridos comerciais foram utilizados como testemunhas. Para o Estudo 2 (E2), foram utilizados dois híbridos simples (DKB 240 VT PRO[®] e DKB 290 VT PRO[®]). O experimento foi realizado no município Redentora/RS, na safra 2014/2015, em delineamento de blocos casualizados com esquema fatorial 2x2x2 (híbrido, desfolha e população de plantas). Em E1, as famílias AAS₁F1, DOS₃F3, ABS₂F2, ABS₃F1, PLS₁F1, PLS₃F1, PLS₃F2 e PLS₃F3 tiveram sincronia na floração. A duração dos estádios vegetativos das famílias foi relativo à quantidade de folhas desenvolvidas e as famílias com maior número de folhas demandaram maior exigência térmica para atingir a floração, indicando assim, que maior tempo é necessário para desenvolver maior número de órgãos fonte para atender uma maior biomassa. Para E2, a desfolha total na maturação fisiológica afeta negativamente os componentes de rendimento da espiga, sendo o comprimento de espiga (5,6), a massa de grão por espiga (10,9) e a massa de espiga (8,9) e o rendimento de grãos diminui (9,5%). O aumento na população de plantas reduziu o número de grãos por fileira (14,4), a massa de espiga (22), a massa de grãos por espiga (21,3), a massa de mil grãos (10,6), o comprimento de grãos (3,8), a largura de grãos (3,9) e o rendimento de grãos (9,5%). A desfolha artificial na maturação fisiológica e populações altas de plantas influenciaram negativamente os principais componentes de produção do milho. O híbrido DKB 290 VT PRO[®] foi superior com a massa de grãos por espiga (6.9), comprimento de espiga (16.3) e comprimento de grãos (4%) em relação ao híbrido DKB 240 VT PRO[®].

Palavras-chave: *Zea mays* L. Dano foliar. Maturação fisiológica. Caracterização. Antese.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF LANDRACE CORN AND ARTIFICIAL DEFOLIATION OF SIMPLE HYBRIDS

AUTOR: Adán Marcel Puc Uitzil
ORIENTADOR: Velci Queiróz de Souza

Corn is one of the cereals most important, being cultivated in several countries in the world, has a fundamental role in human food and animal, and being it also indispensable in industry. However, the tendency to overcome the productivity of this is a constant challenge. Thus, the objectives of the present study were: characterize families S_1 , S_2 and S_3 from landrace corn as to phenological development, thermal demand and flowering synchrony; reveal effects of artificial defoliation in physiological maturity on yield components of corn hybrids, in different plant populations. The study 1 (E1) was carried at the farm harvest 2015/2016 in the experimental area of the Universidade Federal de Santa Maria, Campus of Frederico Westphalen (UFSM-FW). For this, 34 segregating families were studied in different generations, belonging to four populations of landrace corn (Planalto, Dente de ouro, Argentino amarelo and Argentino branco). For this, five commercial hybrids were used as controls. For the study 2 (E2) were used two simple hybrids DKB 240 VT PRO[®] e DKB 290 VT PRO[®]. The experiment was carried in the municipality of Redemption/RS, in the harvest 2014/2015, in a randomized block design in a factorial 2x2x2 (hybrids, defoliation and plant population). In E1, the families AAS₁F1, DOS₃F3, ABS₂F2, ABS₃F1, PLS₁F1, PLS₃F1, PLS₃F2 and PLS₃F3 had flowering synchrony. The duration of vegetative stages of families was relative to the quantity of leaves developed. The families with the high number of leaves demanded high thermal requirement to reach the flowering, indicating that more time is needed to develop a high number of source-organs to maintain a higher biomass. For the E2, the total defoliation in the physiological maturity negatively affects the yield components of the ear, reducing ear length (5.6), the kernel mass per ear (10.9), the ear mass (8.9) and the grain yield (9.5%). The increase in plant population has reduced the number kernel per row (14.4), the kernel weight (22), the kernel mass per ear (21.3), the thousand kernel weight (10.6), the kernel length (3.8), the kernel width (3.9) and grain yield (9.5%). Artificial defoliation in physiological maturity and high plant populations negatively influenced the main components of maize production. The DKB 290 VT PRO[®] hybrid presents superiority on kernel mass per ear (6.9), ear length (16.3) and kernel length (4%) in relation to DKB 240 VT PRO[®] hybrid.

Keywords: *Zea mays* L. Leaf damage. Physiological maturity. Characterization. Anthesis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO 1

- Figure 1 - Representation of the daily precipitation, maximum and minimum temperature of the sowing to the stage R1.41
- Figure 2 - Representing the thermal sum of the families and hybrids based on the accumulation of degree days for VT and R1. Right axis represents the days of ranges for sync/asynchrony.42
- Figure 3 - Phenological stages of the population of Argentino Amarelo. a) families from generation S₁; b) families from generation S₂ and c) families from generation S₃.43
- Figure 4 - Phenological stages of the population of Dente de Ouro, a) families from generation S₁; b) families from generation S₂; c) families from generation S₃.44
- Figure 5 - Phenological stages of the population Argentino Branco. a) families from generation S₁; b) families from generation S₂; c) families from generation S₃.45
- Figure 6 - Phenological stages of the Argentino Branco population. a) families from generation S₁; b) families from generation S₂; c) families from generation S₃.46
- Figure 7 - Phenological stages of hybrids: AG 8690 PRO3[®], AG 9045[®], P 1630[®], P 30B39[®] and 2A525[®], according to the number of days.47

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

- Table 1 - Families of S₁, S₂ and S₃ from the maize landraces populations, Planalto, Dente de Ouro, Argentino Amarelo and Argentino Branco.39
- Table 2 - Simple hybrids used as controls: AG 8690 PRO3[®], AG 9045[®], P 1630[®], P 30B39[®] and 2A525[®]39
- Table 3 - Results for the 36 families segregating genotypes of maize landraces and hybrids evaluated for the cycle, measures of location and dispersion for thermal, season 2015/2016.40

ARTIGO 2

- Table 1 - Summary of the analysis of variance with the mean squares for the traits ear diameter (ED), ear length (EL), number of kernels per row (NKR), ear mass (EM), kernel mass per ear (KME), cob diameter (CD), cob mass (CM), thousand kernels weight (TKW),

kernel length (KL), kernel width (KW) and grain yield (GY).....	60
Table 2 - Averages values for interaction among corn hybrids x plant populations x artificial defoliation levels for ear diameter (ED, in millimeters).....	60
Table 3 - Averages values for interaction among corn hybrids x plant populations x artificial defoliation levels to the cob mass trait (CM, grams).....	60
Table 4 - Averages for interaction among corn hybrids x artificial defoliation levels for the traits cob diameter (mm) and kernel width (mm).....	61
Table 5 - Average values for the traits ear length (EL), ear mass (EM), kernel mass per ear (KME) and grain yield (GY) under different artificial defoliation levels.....	61
Table 6 - Average values for the number of kernels per row (NKR), ear mass (EM), kernel mass per ear (KME), thousand kernel weight (TKW), kernel length (KL), kernel width (KW), grain yield (GY) depending on the plant population.....	61
Table 7 - Average values to kernel mass per ear (KME), ear length (EL), kernel length (KL) in function of the simple hybrids corn.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 PROBLEMA	15
1.2 HIPÓTESES.....	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo geral.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 JUSTIFICATIVA.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.2 A CULTURA DO MILHO	16
2.1.1 Origem	17
2.1.2 Melhoramento genético.....	17
2.1.3 Pré-melhoramento.....	17
2.1.4 Variedades de polinização aberta	18
2.1.5 Híbridos	18
2.1.6 Milho crioulo	19
2.1.7 Fenologia.....	20
2.1.8 Assincronismo floral.....	21
2.1.9 Desfolhação artificial.....	21
2.1.10 População de plantas.....	22
3 ARTIGO I - PHENOLOGICAL DEVELOPMENT AND FLOWERING SYNCHRONY IN INBREEDING FAMILIES S₁, S₂ AND S₃ OF MAIZE LANDRACES	23
3.1 ABSTRACT.....	25
3.2 INTRODUCTION	26
3.3 MATERIAL AND METHODS	27
3.4 RESULTS AND DISCUSSION	28
3.5 CONCLUSIONS	35
3.6 ACKNOWLEDGMENT.....	35
3.7 REFERENCES.....	35
4 ARTIGO II - YIELD COMPONENTS OF HYBRID BASED ON THE PLANT POPULATION AND ARTIFICIAL DEFOLIATION	48
4.1 ABSTRACT	50
4.2 INTRODUCTION	51
4.3 MATERIAL AND METHODS	52
4.4 RESULTS AND DISCUSSION	53
4.5 CONCLUSIONS	56

4.6 REFERENCES.....	57
5 DISCUSSÃO GERAL.....	62
6 CONCLUSÃO GERAL	63
REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o grão mais produzido no Mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial com 78,69 milhões de toneladas produzidas em 2015 (CONAB, 2015), destacand-se como um cereal de suma importância na alimentação humana e animal, assim como na fabricação de diversos subprodutos economicamente importantes (ALVES, 2012). A descoberta de recursos genéticos promissores é uma importante atividade, pois identifica-se e/ou caracteriza-se materiais exóticos ou semi-exóticos de milho, sendo estes possíveis materiais a serem utilizados no melhoramento genético da cultura. Nos centros de diversificação e bancos de germoplasma muitos materiais são pouco explorados, desta forma, a exploração da variabilidade genética no desenvolvimento de linhas elites se torna restrito (ARAÚJO; NASS, 2002).

Para isso, conhecer a fenologia da cultura é fundamental para compreender e interferir em cada um dos estádios de desenvolvimento da planta, relacionado a duração/sincronismo entres os estádios, permitindo assim um manejo mais adequado da cultura. Com o estudo da fenologia, o conhecimento da relação com os elementos edafoclimaticos, fitopatológicos, entomológicos, fitogenéticos e fitotécnicos, com os fatores planta/ciclo, podem ser mais precisos (FANCELLI; DOURADO NETO, 1999). A maximização do rendimento de grãos é dependente da conversão da radiação interceptada em fitomassa e da eficiência de mobilização de fotoassimilados para as estruturas da espiga (SANGOI et al., 2002). Por exemplo, híbridos superprecoces de milho apresentam estas caraterísticas em destaque (SANGOI et al., 2013). Outro fator que influencia diretamente no rendimento dos grãos das culturas é a alta densidade de plantas, sendo esta dependente do tipo de híbrido utilizado (MARCHÃO et al., 2007), e também os estresses bióticos e abióticos em que as plantas podem ser submetidas (MAGALHÃES et al., 1995; MAGALHÃES et al., 1998; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). E para predizer os efeitos negativos dos estresses bióticos e abióticos sobre o rendimento dos grãos, vem-se utilizando a desfolha artificial das culturas (SILVA, 2012).

Neste contexto, no presente trabalho objetivou-se:

1º artigo: avaliação dos estádios fenológico, sincronia floral e demandada térmica em famílias de milho crioulo em diferentes gerações de autofecundação.

2º artigo: avaliação dos efeitos da desfolha artificial nos componentes de rendimento da espiga em híbridos simples de milho, conduzidos em diferentes densidades de plantas.

1.1 PROBLEMA

Embora existam genótipos de milho altamente produtivos, é importante buscar materiais tolerantes para as condições de baixa tecnologia, como é o caso da agricultura familiar ou de pequenos produtores (OLSON; MORRIS; MÉNDEZ, 2012). Dessa forma, é importante a conservação da diversidade, assim como o estudo para determinar populações ou famílias elites para uma característica importante (EOIN, 2016). Por outro lado, a contaminação de variedades locais de milho, via introgressão de genes presentes em grãos de pólen; ou mesmo com a chegada da revolução verde décadas atrás, trazendo híbridos que se expandiram pelo mundo; foram responsáveis pela redução da diversidade de matérias locais com alelos que poderiam ser muito importantes (STEWART; HALFHILL; WARWICK, 2003).

Os estresses bióticos e abióticos são os principais responsáveis por afetar negativamente a produtividade de grãos de híbridos de milho (LIMA et al., 2010). Por outro lado, fatores de manejo, como a colheita antecipada, antes que ocorra a maturação fisiológica; pode ser determinante no enchimento e conseqüentemente no rendimento final de grãos (SALA; ANDRADE; WESTGATE, 2007). A alta população de plantas em híbridos simples de milho nem sempre é a adequada para aumentar o rendimento de grãos, embora esta seja recomendada para materiais precoces e superprecoces em função do acelerado desenvolvimento e alta eficiência fotossintética (SANGOI et al., 2013).

1.2 HIPÓTESES

Considerando que entre os genótipos sem seleção artificial, como milho crioulo, podem-se encontrar materiais com genes que expressem caracteres de interesse agrônomo para condições desfavoráveis, e que a redução na área foliar em híbridos simples de milho pode acarretar em danos que comprometam o rendimento de grãos, assim como, uma alta população de plantas pode aumentar a produtividade, foram formuladas as seguintes hipóteses:

I) Dentro de famílias S₁, S₂ e S₃ de populações de milho crioulo existem famílias promissoras para ciclo de desenvolvimento e sincronia floral;

II) Famílias S₁, S₂ e S₃ de populações de milho crioulo são importantes para compreender a demanda termina e a biomassa foliar nos estádios vegetativos e reprodutivos;

III) A desfolha total na maturação fisiológica compromete os componentes do rendimento da espiga de híbridos simples de milho;

VI) A alta população de plantas reduz o rendimento de grãos em híbridos simples de milho.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Determinar parâmetros relacionados à fenologia e desenvolvimento em famílias segregantes do milho crioulo e avaliar o efeito da desfolha artificial e alta densidade populacional de plantas em híbridos simples de milho.

1.3.2 Objetivos específicos

Caracterizar famílias S₁, S₂ e S₃ de quatro populações de milho crioulo quanto ao desenvolvimento fenológico, exigência térmica e sincronia floral.

Revelar os efeitos da desfolha artificial na maturação filológica, nos componentes de rendimento de dois híbridos simples de milho, em duas densidades de semeadura.

1.4 JUSTIFICATIVA

As presentes pesquisas se justificam, pela importância econômica do milho para a indústria e para a alimentação humana e animal. Neste contexto, é indispensável a identificação de genótipos com potencialidade para serem utilizados na criação de novas linhagens elites e consequentemente novos híbridos, melhor adaptados e mais produtivos. Por outro lado, a identificação de fatores que possam prejudicar o desenvolvimento da cultura, como a área foliar e a população de plantas são determinantes para se alcançar melhores produtividades de grãos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.2 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) teve um papel muito importante na revolução verde, sendo uma das culturas mais estudadas no mundo. O milho tem grande importância econômica, social e ambiental, em função da sua fonte de amido para alimentação, destacando-se também como matéria prima para a produção de etanol (HERTEL et al., 2010). Atualmente, é o cereal mais produzido no mundo, tendo como principais produtores os Estados Unidos da América, China e Brasil, e este último produziu 78,69 milhões de toneladas em 2015. A nível Nacional, os principais estados que se destacam na produção deste grão são: Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Paraná (6,08, 5,10 e 4,36 milhões de toneladas) milhões de toneladas (CONAB, 2015).

2.1.1 Origem

O milho é uma gramínea pertencente ao reino Plantae, divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, ordem Poales, família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Maydeae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. e possui $2n = 2x = 20$ cromossomos (PATERNIANI; CAMPOS, 1999). Vários trabalhos têm sido desenvolvidos para identificar a origem da cultura, no entanto, até o momento a hipótese mais aceita é que seja produto da evolução do teosinto. Tem como centro de origem o Sul da América do Norte, especificamente no México, onde o milho e o teosinto apresentam maior diversidade e variabilidade (PIPERNO et al., 2001). As evidências mais antigas da domesticação e usos como alimento, foram encontrados em zonas arqueológicas nesse mesmo País, onde pequenas espigas descobertas datam de mais de 5.000 anos de antiguidade (WILKES, 1979, 1985).

Estudos baseados em marcadores moleculares genéticos mostram evidências de uma grande similaridade do milho com outras diversas espécies de cereais. Diversos trabalhos mostraram uma relação durante a evolução entre o milho e sorgo (HULBERT et al., 1990; WHITKUS; DOEBLEY; LEE, 1992; LIN et al., 1995); milho e arroz (AHN; TANKSLEY, 1993); milho e trigo (DEVOS et al., 1994) e milho e festuca (XU; SLEPPER; CHAO, 1995). Também se têm descoberto homologies em um determinado grupo de regiões genômicas do milho, trigo e arroz (AHN et al., 1993; PATERSON et al., 1995).

2.1.2 Melhoramento genético

O melhoramento genético é um processo dinâmico e contínuo na seleção minuciosa das melhores plantas, visando aumentar as frequências de genes/alelos desejáveis de características de interesse agrônomo em materiais promissores. As características favoráveis apresentadas pelo milho é seu sistema reprodutivo, o que fazem da cultura um modelo para estudos genéticos em espécies alógamas (VIÉGAS; PEETEN, 1987). A heterose tem mostrado todo seu potencial, devido a implementação de técnicas modernas de manejo na cultura, como o controle de pragas e doenças, adubação, irrigação, novas ferramentas de biotecnologia, dentre outras, (TIAN et al., 2011). Estudos da relação fonte-dreno na planta, permitiu uma distribuição mais equilibrada dos assimilados na cultura, melhorando o enchimento de grãos (FRACHEBOUD et al., 1999).

2.1.3 Pré-melhoramento

Os programas de pré-melhoramento são responsáveis para gerar novas populações, que serviram de base para programas de melhoramento e também para auxiliar na identificação de

padrões heteróticos voltados à criação de híbridos. Marshall (1989) indica a falta de programas de pré-melhoramento como fator limitante para o aproveitamento adequado do germoplasma de variedades existentes e linhas exóticas. O Banco de Germoplasma do CIMMYT tem como compromisso fornecer materiais com características específicas de interesse, desta forma, também objetiva conservar e ampliar a diversidade do milho. Sendo assim, acessos de milho, devem passar por estudos em programas de pré-melhoramento, visando a identificação de caracteres de interesse para aplicações futuras (TABATA, 1994).

2.1.4 Variedades de polinização aberta

A criação de novos cultivares de milho do tipo varietal, variedades de polinização aberta ou variedades melhoradas, têm como resultado um potencial produtivo superior quando comparadas à tradicionais variedades crioulas ou locais (EMYGDIO et al., 2008). A superioridade para estes materiais pode ser atribuída, em parte, ao processo de melhoramento utilizado, como por exemplo, a seleção para estresses abióticos (tolerância à seca, ao alumínio no solo e ao baixo uso de insumos), e também, à própria constituição genética dessas novas variedades, em geral, desenvolvidas a partir de populações (EMYGDIO et al., 2008). Dessa forma, são matérias com base genética ampla (alta variabilidade), sendo de suma importância pois contribui para o aumento produtivo e sua maior estabilidade.

Considera-se três fatores que posicionam os cultivares de milho do tipo varietal, como uma opção de cultivo para agricultores que possuem pequenas propriedades, sendo estas: semente de baixo custo, produção das próprias sementes, maior plasticidade destas em condições de estresse, sendo uma vantagem diante dos híbridos (Reunião, 2008).

2.1.5 Híbridos

Linhagens endogâmicas são utilizadas na formação de novos híbridos, onde cada linhagem envolvida para o cruzamento possui uma ou mais características de interesse agrônomo, que serão transferidas para às progênes que vão expressar vigor híbrido (PATERNIANI, 2001). A descoberta da heterose é um recurso extremamente importante, utilizadas pelos melhoristas (Brewbaker, 1969), O início da exploração da heterose foi no ano 1908 por George Harrison Shull, no seu trabalho publicado “A composição de um campo de milho”, Shull demonstrou que múltiplos ciclos de autofecundação em plantas de milho apresentavam considerável redução no vigor e no rendimento. No entanto, em algumas

progênes híbridas oriundas das linhagens homozigotas, os resultados foram surpreendentes, pois muitos apresentaram produtividade maior à de seus progenitores (SHULL, 1908).

Existem sete tipos de híbridos classificados por Paterniani e Miranda Filho, (1978), são eles: top-cross; híbrido simples; híbrido simples modificados; híbrido triplo; híbrido duplo; híbrido múltiplo e híbrido intervarietal. Dentre estes híbridos os mais comuns são os duplos, triplos e simples (PATERNIANI, 2001). Os híbridos simples são potencialmente mais produtivos quando comparado com outros híbridos desenvolvidos. Estes têm uma maior uniformidade de plantas e espigas (CRUZ e PEREIRA FILHO, 2009).

A duração do ciclo de desenvolvimento (superprecoce: 780 a 830; precoce: 831 a 890; tardio: 891 a 1.200 STa°C dia⁻¹) dos híbridos é importante na hora da escolha, de acordo com as condições da região e do nível de tecnologia empregado. Os híbridos simples, de ciclo precoce, são predominantes entre os cultivados (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2007), genótipos precoces, geralmente tendem a ter menor número de folhas, desta forma, a planta tende a ter um menor porte (ALMEIDA et al., 2000). Por conseguinte, a competição intraespecífica torna-se potencialmente menor, capaz assim de maximizar o rendimento de grãos destes materiais de ciclo curto, sendo possível nestes casos, elevar a população de plantas por área (SANGOI, 2000).

2.1.6 Milho crioulo

O milho crioulo apresenta uma ampla variabilidade genética, existem aproximadamente 300 raças, dentre estas, a sua maioria politípicas. A cultura é caracterizada pelo sistema reprodutivo monoico, com polinização aberta (PATERNIANI; CAMPOS, 1999). Estes materiais, foram amplamente domesticados e grande parte destes estão conservados em bancos de germoplasma, como fonte de alelos. A maioria destes são cultivados por pequenos agricultores e incorporados no sistema de agricultura familiar ou agroecológica. Estes genótipos prolíficos (com duas ou mais espigas), em condições variáveis de estresse apresentam rendimentos mais estáveis (ALDRICH et al., 1982; RITCHIE; HANWAY, 1989). Estas variedades, são cultivadas normalmente no seu ambiente de origem, onde se desenvolvem satisfatoriamente (TEIXEIRA et al., 2005). O produtor seleciona e produz suas próprias sementes e as mantém por gerações. De forma geral, para estes sistemas de cultivo, o milho crioulo é o mais adequado devido a melhor adaptação, onde normalmente se apresentam indivíduos resistentes a pragas e doenças específicas da região (REUNIÃO, 2008).

Nos centros de diversificação e bancos de germoplasma muitos materiais de milho crioulo, são pouco explorados, mas estes podem apresentar genes de interesse para atuais programas de melhoramento genético (ARAÚJO; NASS, 2002). Assim, dentre estes existem os genes ou alelos chamados, tipos selvagens, que não sofreram nenhuma alteração em relação, por meio da intervenção do homem, via seleção artificial. Estes podem existir de diferentes formas, dentre rearranjo cromossômico e genes mutantes na população (GUPTA; TSUCHIYA, 1991).

2.1.7 Fenologia

O milho possui um ciclo vegetativo muito variado, se considerado híbridos ou variedades cultivadas, existem os superprecoces, cuja polinização pode iniciar 30 dias após a emergência, até os mais tardios, que podem alcançar 300 dias (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Entretanto, nas condições do Brasil, esta cultura apresenta um período compreendido entre a sementeira e a colheita que fica entre 110 e 180 dias.

Segundo Fancelli e Dourado Neto (1999), o ciclo da planta envolve as seguintes etapas de desenvolvimento: (I) germinação e emergência: período da sementeira até o aparecimento da plântula, o qual em função da temperatura e umidade do solo pode variar de 5 a 12 dias; (II) crescimento vegetativo: período entre a emissão da segunda folha e o início do florescimento. Esta etapa apresenta muita variabilidade, sendo este fato frequentemente empregado para caracterizar os tipos de materiais genéticos (variedades ou híbridos) de milho, quanto à duração do ciclo; (III) florescimento: período entre o início da polinização e o início da frutificação, cuja duração fica em torno 10 dias; (IV) frutificação: período desde a fecundação até o enchimento dos grãos, sendo sua duração entre 40 e 60 dias; (V) maturidade: período entre o final da frutificação e o aparecimento da chamada “camada preta”, sendo este curto e indicativo da culminação do ciclo completo da planta, denominado também, ponto de maturação fisiológica. A presença da “camada preta” representa a quebra do elo de ligação entre a planta mãe e o fruto, considerado como o momento oportuno para a colheita, entretanto, a existência da alta umidade nos grãos (35 a 45%) é uma limitante para a realização dessa prática, mediante uso de colhedoras convencionais.

Para uma maior facilidade de manejo e estudo, assim como objetivando o estabelecimento de correlações entre elementos fisiológicos, climatológicos, fitogenéticos, anatômicos, morfológicos e fitotécnicos, com o desenvolvimento da planta, o ciclo da cultura do milho foi dividido em estádios distintos, segundo Ritchie e Hanway (1989): (I) VE

(emergência); (II) V1 (planta com a primeira folha desenvolvida); (III) V2 (segunda folha desenvolvida); (IV) V3 (terceira folha desenvolvida); (V) V4 (quarta folha desenvolvida); (VI) V(n) (“n” igual ao número da folha desenvolvida); (VII) VT (emissão da inflorescência masculina); (VIII) R1 (emissão da inflorescência feminina); (IX) R2 (grãos bolha de água); (X) R3 (grãos leitosos); (XI) R4 (grãos pastosos); (XII) R5 (formação de dente) e R6 (maturidade fisiológica) (RITCHIE; HANWAY, 1989). No entanto, segundo Kiniry e Bonhomme (1991), os estádios de desenvolvimento anteriormente mencionados das inflorescências femininas são identificados mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas ou desdobradas. Dessa forma, a folha do milho considera-se desdobrada quando esta apresenta a linha de união do limbo foliar com a bainha (lígula) identificável. Para os posteriores estádios à emissão da inflorescência feminina, a identificação deverá ser realizada com base no desenvolvimento e consistência dos grãos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

2.1.8 Assincronismo floral

O assincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilos-estigmas da espiga, é a responsável pela falta de grãos nas extremidades da espiga. Geralmente em campo, a liberação do pólen acontece no final da manhã e no início da noite. O estresse hídrico e temperaturas elevadas (superior a 35°C) podem comprometer drasticamente a produção final de grãos (MAGALHÃES et al., 1994; MAGALHÃES et al., 1999; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Por outro lado, o efeito da endogamia, se ocorrer autofecundação, pode expressar plantas com características contrastantes na morfologia, fisiologia e ciclo vegetativo, desta forma, gerando assincronia (WORKU et al., 2016).

2.1.9 Desfolhação artificial

A posição e alocação da área foliar da planta contribui de forma diferente na produção de fotoassimilados, o terço inferior mantém a oferta energética demandada para o sistema radicular, os terços médio e superior suprem as estruturas morfológicas e reprodutivas do ápice da planta (ALVIM et al., 2011). A área foliar é responsável por processos de fotossíntese, respiração e transpiração (MONDO et al., 2009). Perdas em área foliar podem ser atribuídas a danos ocasionados por insetos, doenças e por intempéries climáticas.

Segundo Lima et al. (2010) a redução do rendimento de grãos é considerável quando o ocorre desfolhamento na cultura do milho. Estes danos à área foliar diminuem a eficiência fotossintética da planta devido à redução da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa

(SANGOI et al., 2014). Diversos trabalhos têm demonstrado os efeitos negativos causados pelo estresse na planta, em função da redução da área foliar, simulando danos físicos ocasionados por insetos, doenças, entre outros, para revelar a influência negativa na planta o se reflete no rendimento total de grãos. Estas pesquisas foram executadas desde estádios vegetativos até reprodutivos (SANGOI et al., 2001; SALA et al., 2007; THOMISON; GEYER, 2009; ALVIM et al., 2010; LIMA et al., 2010; ALVIM et al., 2011; PEREIRA et al., 2012; SANGOI et al., 2012, 2014; SOUZA et al., 2015).

2.1.10 População de plantas

No milho são determinantes para se obter maior produtividade, práticas como o aumento da população de plantas e a escolha do arranjo espacial entre plantas na área (ALMEIDA et al., 2000). Isto acontece pelo fato da planta possuir uma mínima capacidade de emissão de afilhos férteis, em função de sua organização floral monoica e curto período de florescimento (SANGOI et al., 2002). O incremento na densidade populacional pode favorecer a interceptação da radiação solar da cultura (SANGOI et al., 2002). Assim, características presentes nos híbridos modernos de milho, tais como ciclo mais curto, porte mais baixo, menor número de folhas e folhas com angulação mais ereta (STRIEDER et al., 2007), podem ser responsáveis pelo aumento no potencial de resposta desses híbridos, pincipalmente em híbridos simples (KVITSCHAL et al., 2010). Plantas sob altas densidades, podem apresentar competição intraespecífica por recursos, como luz, água e nutrientes (VALENTINUZ; TOLLENAAR, 2004), o que pode afetar o rendimento final.

**3 ARTIGO I - PHENOLOGICAL DEVELOPMENT AND FLOWERING
SYNCHRONY IN INBREEDING FAMILIES S₁, S₂ AND S₃ OF MAIZE LANDRACES**

A ser submetido para periódico: Australian Journal of Basic and Applied Sciences

Situação: Em processo de submissão

**PHENOLOGICAL DEVELOPMENT AND FLOWERING SYNCHRONY IN
INBREEDING FAMILIES S₁, S₂ AND S₃ OF MAIZE LANDRACES**

**Adán Marcel Puc Uitzil¹, Velci Queiróz de Souza², Tiago Olivoto¹, Maicon Nardino³,
Daniela Meira¹, Mauricio Ferrari⁴, Alan Junior De Pelegrin⁴, Ivan Ricardo Carvalho⁴,
Vinícius Jardel Szareski⁵.**

¹ Departamento de Agronomia e Ciências ambientais, Universidade Federal de Santa Maria,
Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil;

² Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, Rio Grande do Sul, Brasil;

³ Departamento de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão,
Rio Grande do Sul;

⁴ Centro de Genômica e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Pelotas, Capão do
Leão, Rio Grande do Sul;

⁵ Departamento de Ciências Agrícolas, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio
Grande do Sul, Brasil.

*Corresponding author. E-mail: adanpuc@hotmail.com

3.1 ABSTRACT

Corn is one of the most studied cereals in the plant breeding. By its large variability and genetic diversity, there exists a large number of few-studied genotypes which may possess great potential of productivity; it is therefore of fundamental to study the behavior of these. Thus, the main way to reveal this is through the understanding of their phenology. The aim of this study was to characterize families S_1 , S_2 and S_3 from maize landraces with respect to their phenological development, thermal demand, and flowering synchrony, aiming to determine promising families. The experiment was carried out in Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brazil, in 2015/2016 growing season. The experimental design was in augmented blocks. 34 segregating families were evaluated in different generations from four populations of landrace corn (Planalto, Dente de Ouro, Argentino Amarelo and Argentino Branco). Five hybrids were used as controls, AG 8690 PRO3[®], AG 9045[®], P 1630[®], P 1630[®] and 2A525[®]. The phenological traits evaluated were: number of leaves issued from planting to germination (VE), total number of leaves issued from planting to last leaf (Vn), considering the duration in days. The characterization of tasseling (VT) and silking (R1), from planting to the time when 50% of plants, by family, released pollen and emitted silks, respectively, in days. The thermal demand was estimated from the sum of degree-days from planting to the time when 50% of the plants were in anthesis stage (VT). The flowering synchrony was estimated by the intervals between VT and R1, in days. The families AAS₁F1, DOS₃F3, ABS₂F2, ABS₃F1, PLS₁F1, PLS₃F1, PLS₃F2 and PLS₃F3 showed synchrony. The duration of vegetative stages of families was concerned with the quantity of developed leaves. The families with the greatest number of leaves demanded greater thermal demand in order to reach the flowering, indicating that more time is needed to develop a greater number of source organs to meet the greater biomass.

Keywords: *Zea mays* L., phenological development, pré-breeding, thermal demand.

3.2 INTRODUCTION

The corn is a gramineous considered as polytypic with suitability for cultivation through continents because of its large variety of races and cultivars (Fornasieri Filho, 2007). It has been converted into one of the main sources of many countries with production capacity, given by its favorable climatic conditions and ability to acquire more advanced technology. In the context of food safety, contemplated providing the most sophisticated to mitigate the same. However, the deployment of hybrids of high technology has been shown to be ineffective in terms of production of small farmers with low technology of cultivation (Olson, 2012).

In Latin America, the landraces have been an important impact on the food of poor or less-developed (Shiferaw et al., 2011). The preservation, study and selection of materials of populations elite, can provide for small farmers, access to a suitable material before the cultivation conditions for they practiced (Dyer et al., 2014; Prasanna, 2012). In Brazil, there is evidence that in specific regions, small producers prefer landraces for their aggressiveness and their phenotypic plasticity. These materials when evaluated in the systems of low technological stage showed to be highly competent and economically viable, compared to high-technology hybrids (Pipolo et al., 2010). Brazil has a large germplasm bank of landraces which may be used in breeding programs aimed at maximize its productivity (Carvalho et al., 2004). The important contribution of maize variant in these scenarios, the investment of governmental institutions in the maintenance and improvement of these varieties is necessary (Olson, 2012).

The compression of the phenological development of a species specifies is of fundamental importance, being a tool that helps determine the behavior of the vital events of its cycle. Thus, this also allows to correlate edaphoclimatic elements and predict risks for decision-making are crucial to the success of the crop. To differentiate the effect of temperature on the phenology of corn is important to define the sensitivity of development compared to an environment, which will determine their production potential (Kumudini et al., 2014). The thermal demand of a culture will determine your development and adaptation to their environment. The corn crop is highly influenced by biotic and abiotic factors, having effects on the photoperiod and expressing genetic responses (Castro, 2005). The thermal stress can be extremely harmful to tissue soaked in development, inhibiting the photosynthesis, may cause damage to membranes and enzymes (Taiz and Zeiger, 2010). The styles-stigmas or pollen grains can be harmed in the intervals of pollination by the interference of a thermal stress, the latter being stages more likely (Ritchie et al., 1993).

The phenological stages are crucial in the development of the plant. To determine the behavior of these stages is fundamental for the choice of populations who will join in a genetic breeding program. Thus, the aim of this study was to characterize three families in three generations of self-fertilization (S_1 , S_2 and S_3) from maize landraces as the development, phenological thermal demand and floral synchrony, aiming to determine families promising to participate in future breeding programs of study.

3.3 MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out in the 2015/2016 growing season in the city of Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brazil, and the geographic coordinates 27°23'26"S, 53°25'43"W, 461 m asl. According to the climate classification of Köppen, the climate is considered as Cfa (average air temperature in the three coldest-months: -3 to 18°C, with prevalence of precipitation in all months of the year and with average air temperature in the hottest-month between 22°C).

The experiment was conducted in an augmented blocks design (Federer, 1956) with three replications. In each block four populations of maize were sown. Each population contained three families in three generations of self-pollination (S_1 , S_2 and S_3) (Table 1). We used five commercial hybrids as control (Table 2), these being interspersed in each population.

The sowing was manually carried on December 7, 2015 in pre-demarcated and fertilized lines. The plots were composed by two 10-plants-rows spaced by 90 cm. The spacing between plants were 20 cm, corresponding to a density of 55,555 plants per hectare. The fertilization, weed control, insect pests and diseases, were carried out according to the need of culture.

The traits evaluated in all plants of each family were: number of days from planting until germination (VE), number of days until the issue of the last leave (V_n), number of days until pollen emission (VT) and number of days until the issue of receptive silks (R1). For this, we used the methodology of Ritchie et al (1993). We also determined the existence of synchrony and asynchrony floral, considering the number of days between VT and R1 stages.

The families were classified by their cycle based on thermal sum per day in degree-days, until the male flowering, i.e., when 50% of the plants were awarded at VT. In the same way, it was determined the degree days until the female flowering, when 50% of the plants had the silk exteriorized. The base temperature was 10°C, for the entire crop cycle according to the recommendation of Berlato and Matzenauer (1986). The thermal sum per day was obtained according to the equation established by Arnold (1960) (Equation 1).

Equation 1:

$$GD = \sum_{i=0}^n \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \right)$$

Where, GD is the total degree-day accumulated between the emergence and flowering; T max is the air daily maximum temperature (°C); T min is the air daily minimum temperature (°C); TB is the base temperature (°C) recommended of Berlato and Matzenauer (1986); n is the number of days in the period of planting to the male/female flowering. The accumulated thermal sum (STa °C day), was calculated $STa = \sum GD$, being from planting to flowering male. It was considered the classification exposed by Fancelli and Dourado Neto (2000), to the thermal sum accumulation up to the male flowering of landraces and hybrids. Where: Materials with STa 780 to 830 (STa °C day⁻¹) are considered young, from 831 to 890 (STa °C day⁻¹) stages and 891 to 1,200 (STa °C day⁻¹). The degree days were also referred to the female flowering, being from planting to the issue of silk.

Climatic data were collected from the meteorological station of the INMET, located in the laboratory of Agroclimatology UFSM- Campus of Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brazil. Located approximately 200 meters from the experimental field.

The data were subjected to descriptive analysis with the aim of obtaining the mean, median, mode and variance of each family as the sum accumulated thermal wanted in flowering male. In the same way, we obtained the measurements for the female flowering to compare the difference between these and estimate the synchrony floral. Data analysis was by means of software: Excel 2010 and Genes (Cruz, 2013).

3.4 RESULTS AND DISCUSSION

In the analysis of frequency distribution for the families and hybrids, the mean, median and mode, assumed different values. In this way, the symmetric distributions, asymmetric both positive and negative it was observed for the thermal sum (Table 3).

According to distribution presented in Table 3, it is observed that some families do not have the measurements and dispersion. In these cases, the family was represented by a single plant. This fact was due to a lack of rain in two short periods (Figure 1), being the first 11 days

and the second 15 days, which combined with the temperatures relatively high, caused the death of plants more susceptible, especially so, the superiors as to this stress.

As the cycle (Table 3), it is observed that the families: AAS₁F1, AAS₁F2, AAS₁F3, AAS₂F1, AAS₂F2, AAS₂F3, AAS₃F1, AAS₃F2, AAS₃F3, DOS₁F1, DOS₁F2, DOS₁F3, DOS₂F1, DOS₂F2, DOS₂F3, DOS₃F1, DOS₃F2, DOS₃F3, ABS₁F2, ABS₁F3, ABS₂F1, ABS₂F2, ABS₂F3, ABS₃F1, ABS₃F2, ABS₃F3, PLS₁F1, PLS₁F2, PLS₁F3, PLS₂F1, PLS₂F3, PLS₃F1, PLS₃F2 and PLS₃F3 stayed in the classification of late cycle, these, between 898.49 and 1076.03 STa°C day⁻¹. On the other hand, the only family that was among the early classification was the ABS₁F1, with 881.98 STa°C day⁻¹. The family PLS₂F2, was the only super-early, with 648.36 STa°C day⁻¹ (Table 3). In this case, we can determine that on the thermal sum families behave similar to the exception of already mentioned. According to Duncan (1976), the cycle on the corn between the emergence and the completion of the growing period, depends to a large extent of genotype, however, can be modified by temperature and your photoperiod.

It should be noted that among the families of the population of Argentino amarelo to advance the generations of self-pollination, the cycle was increased, this was very marked in the following: AAS₁F1 (988.28 STa °C day⁻¹), AAS₁F2 (943.87 STa °C day⁻¹), AAS₁F3 (943.87 STa °C day⁻¹); AAS₂F1 (1046.78 STa °C day⁻¹), AAS₂F3 (1031.43 STa °C day⁻¹); AAS₃F1 (1046.78 STa °C day⁻¹), AAS₃F3 (1046.78 STa °C day⁻¹) (Table 3). According to Bueno et al. (2006), the effect of generations S₁ and S₂, it presents locus in homozygous and heterozygous, it will differentiate the characteristics of families, may submit changes morpho-agronomical and functional.

In Figure 2 there are differences between the ranges of release of pollen (VT) and 24 of the silks (R1). Differences between these faces in the majority of families was visible; however, were not enough to consider how asynchrony, for panmictic populations. But if, for the more advanced generations where homozygous lines inbreeding is sought. Only the family AAS₃F2 had the highest number of days between all, being that the issue of silk were three days after the release of pollen. On the other hand, families AAS₁F3, AAS₃F3 and DOS₂F3 have issued the early silk.

It was observed that families AAS₁F1, DOS₃F3, ABS₂F2, ABS₃F1, PLS₁F1, PLS₃F1, PLS₃F2 and PLS₃F3 showed a proper synchrony, that is, the issue of tassel took on the same day as the silk. Regarding to the hybrids, it was noticed that all of them had a great time. According to Ritchie et al. (1993), the VT starts around two or three days before the silks are

issued. Another feature in the release of pollen is the beginning of the spikelets from the end of the main axis of the tassel and finished with the release branches below; this process of releasing pollen can last between seven to 10 days. The maximum releasing pollen happens between three to four days after anthesis of the first ear. The first silk that emerge from the ear are the base of the ear, being that the process of silks total exteriorization can last from four to five days. When these are not fertilized, however, may be receptive to more days if there is no drought.

In this context, speaking of the improvement of families or populations of maize landraces, it is not recommended to apply a strict selection stop size of the tassel, however, other morphological characteristics of this, should be considered. Nalin et al. (2014), studying correlations on the architecture of the corn's plants, had detected that structures of tassel as the number of primary and secondary ramifications, influence the reduction of grain yield. In S_1 families for presented greater variability, produced up to 22 branches; in this way, being families do not improved tend to produce a greater number ramifications for release greater amount of pollen to fertilize a greater number of ears. Plants of landraces tend to be prolific (more than one ear), in addition to presenting a greater period of releasing pollen, but also have a longer interval between both steps, a fact which has been observed in the present study. As for the families that do not presented days of intervals were: AAS_1F1 , DOS_3F3 , ABS_2F2 , ABS_3F1 , PLS_1F1 , PLS_3F1 , PLS_3F2 and PLS_3F3 (Figure 2). This shows that in different generations exist families promising for this trait, even in S_1 . In this way, also these, they showed efficient in absorption and synthesis of assimilated, because not showing changes in the issue of their reproductive organs. According to Goldsworthy (1984), the maximum photosynthetic capacity of corn is at near to flowering and often accumulating them in tissues.

The results for the phenological behavior of the population of Argentino Amarelo, revealed a difference between the number of leaves per number of days for all families in every generation, the development of the leaves of these, had a linear growth. The family AAS_1F1 , had nine days from planting to the VE, which was the one that remained in the stage and also the one that took to change stages, in this way, was the one that had more leaves, being 22 in 68 days. Later presented the anthesis and issue of silks at 69 days. As the families AAS_1F2 and AAS_1F3 , showed a similar behavior, being eight days from planting to VE. The family AAS_1F2 had a total of 21 leaves in 63 days, the anthesis was at 66 days and the issue of silk for 67 days. The family AAS_1F3 took the total number of 20 leaves, around 65 days and 66 at anthesis and 69 days for the issue of silk (Figure 3).

Among the families of the generation S_2 , showed a similar behavior in comparison to previous generations. Thus, AAS_2F1 , AAS_2F2 and AAS_2F3 , showed same time of germination, requiring eight days from planting to VE. The Families AAS_2F1 and AAS_2F3 produced a total of 21 leaves, the first was a total of 69 days and the second at 67, to the anthesis and the issue of silk were 73 and 71 days respectively. For the family AAS_2F3 were 71 days for both phases. The family AAS_2F1 had 22 leaves in 65 days, and to the anthesis and issue of silk were 69 and 67 days respectively, this, presenting a lower number of days (Figure 3).

In relation to the families of generations S_3 , note how the changes differed radically in the increase of leaves on a larger time (Figure 3). The families AAS_3F1 and AAS_3F3 took eight days of planting to the VE, however, in these families, the largest number of leaves (22) were very visible, being greater in number of days (72), positioning itself in that they have a greater range of day for number of leaves, and demanded a large thermal demand of $1046.78 \text{ STa } ^\circ\text{C day}^{-1}$ for both, thus classified as late-cycle (Table 1). In relation to the anthesis, the two families showed 73 days, for the issue of silk, the AAS_3F1 was in 72 days and for the family AAS_3F3 , 76 days. The family AAS_3F2 took from planting to LV, nine days, however, produced fewer leaves (21) and less days to reach the VT (67). In relation to the anthesis was in 70 days and the issue of silk was to 67 days (Figure 3).

With respect to the Dente de Ouro population, it was noticed great differences between all the families in all generations, it becomes clear that the next generations of self-pollination in some of the families were reduced to their leaves and consequently the days to anthesis and the issue of silk. The families of DOS_1F1 , DOS_1F2 and DOS_1F3 , it took eight days from planting to VE. The DOS_1F2 and DOS_1F3 , produced 23 leaves, regarding the DOS_1F2 in 75 days and the DOS_1F3 and 69 days. To the anthesis and issuing of silk, the DOS_1F2 had averages of 75 and 77 days and for the DOS_1F3 were 71 and 73 days respectively. The family of DOS_1F1 produced 22 leaves in 67 days and to anthesis and issuing of silk was 72 and 70, respectively (Figure 4). According to Worku et al., (2016), inbred lines reach the flowering stage in a longer time than hybrids. Thus, these families were those that most RITCHIE, leaves, in particular the DOS_1F2 was the family among all generations and populations that produced more leaves and reach to VT in more time (days), and by consequent had the largest thermal demand among all ($1076.03 \text{ STa}^\circ\text{C day}^{-1}$). One of the traits' maize in the tropics is the production of a greater number of leaves with larger size in comparison with those of temperate regions. The variations in the total of leaves are influenced negatively by the time of the initiation of the tassel than by variations in speed of initiation of leaves (Poething, 1994). In this way, the size of tassel can

influence to a greater or lesser number of leaves depending on the time of initiation and this too, demand assimilated, that may be greater if the sink is larger and if joined a start in advance, this demand would be much greater. However, the gene for foliosity (*Lfy*) prolongs the vegetative growth of the stem, prolongs the period of initiation of the tassel and the ear and increases the number of leaves of different way in different environments (Shaver, 1983).

In the families of generations S_2 there was an initial growth rapidly in some families, however, these, to the stages close to VT, presented themselves to an increase similar to the other. The family of DOS_2F1 , between the planting to the VE, it took 9 days, produced 23 (V23) leaves in 72 days and to anthesis (VT) and the issue of silks (R1) was from 74 to 73 days. For the family of DOS_2F2 , delayed eight days between planting to VT, and to produce the last leave 23 (V23) it took 73 days for the VT was in 73 days and for the R1 was in 74 days. as soon as of DOS_2F3 , emerged in 9 days (VT), produced the lowest number of leaves (22), in 71 days. As for VT, was in 71 and to R1, 74 days (Figure 4).

Concerning the families of generations S_3 , it was observed that these were those which produced a smaller number of leaves in a smaller number of days. The family DOS_3F2 has reached the stage of VE in 11 days. This showed 22 leaves (V22) before they reach the VT, which was at 70 days, to anthesis were 73, and for the silk were 74 days (Figure 4c).

The families DOS_3F2 and DOS_3F3 showed 20 leaves in 63 and 62 days, respectively, these characteristics were accompanied by a reduction in the height and intensity of green coloring. With respect to the anthesis and the issue of silk were observed lower number of days, being 64 and 65 for the family DOS_3F2 and, 63 and 63 days for DOS_3F3 , respectively. These stages were reduced, and it is also observed reductions in number of branches and the size of the tassel. According to Bueno et al. (2006), these are the features affected by inbreeding, however, the characteristics will be reduced again observed balanced out in hybrid progenies. Thus, noticed that the most advanced generations (S_3) in these families, showed these desirable characteristics, which can be considered as family elite in obtaining inbreeding line.

Regarding to the families of the Argentino Branco population, was observed a similar behavior with regard to the families of the population before, because they were the ones that also showed a lower number of leaves. All the families of the S_1 had eight days from planting to the VE, however, families ABS_1F1 and ABS_1F3 , had a total number of leaves of 21, in an average of 64 and 65 days, respectively. As to the anthesis and issue of silk were around 62 and 66 days respectively. For the family ABS_1F2 the total number of leaves was 22, at an average of 65 days to anthesis and the issue of silk, were in 64 and 66 days respectively (Figure 5).

Among the families of the generation of S_2 , it was observed that there were families with a lower number of leaves, as well, with a smaller number of days. The family ABS_2F2 showed 20 leaves in 62 days and, being required 66 days to anthesis the issue of silk. The family ABS_2F1 showed 21 leaves in 64 days, for the phases of flowers, this required 64 and 65 days, having so only one day interval after the release of pollen. The family ABS_2F3 was among them, the more delayed, yielding a total of 23 leaves in 67 days. To anthesis and issue of silk were on average of 69 and 70 days respectively (Figure 5).

Referring to the families of the generation S_3 (ABS_3F1 and ABS_3F2), these also showed differences between the total number of leaves. The ABS_3F1 and ABS_3F2 reached the stage VE in 8 days. For the family ABS_3F3 , this stage was in nine days. The Families ABS_3F1 and ABS_3F2 delivered a total of 22 leaves on average of 66 and 69 days respectively. And anthesis and issue of silk were 67 and 66 days for the family ABS_3F1 and 67 and 69 days for the family ABS_3F2 , respectively. For the family ABS_3F3 , we observed a smaller number of leaves (21) that were produced on average of 67 days. The anthesis and the issue of silk were at 69 and 70 days respectively (Figure 5).

The families of the population Planalto showed differences in the number of leaves per number of days, with a significant increase in some families. The family PLS_1F1 has reached the stage of VE in nine days and was the one that produced a smaller number of leaves per number of days (20 leaves in 62 days). The anthesis and the issue of silks presented an appropriate synchronization, because the expression on the same day (62 days). For the family PLS_1F2 and PLS_1F3 , the stage of VE was reached in eight and nine days, respectively. Both families have issued 22 leaves in 66 and 77 days, respectively. For the phases of flowering, were 63 and 66 days for the PLS_1F2 , however, this presented an interval of three days after the release of pollen. For the family PLS_1F3 VT and R1 Were reached in 74 and 71 days, respectively, resulting in a flowering asynchrony of three days (Figure 6).

For the families of generations S_2 , the family PLS_2F1 has reached the stage of VE in eight days, featuring 23 leaves in 70 days. The anthesis and the silk produced in 68 days. For the family PLS_2F2 , the stage was reached eight days, featuring a total of 21 leaves in 66 days. The reproductive stages (VT and R1) there were 66 and 67 days after sowing, respectively (Figure 6).

The family PLS_3F1 , has reached the stage of VE in eight days; presented 21 leaves in 69 days, and for stages VT and R1, it took 68 and 67 days respectively. For the family PLS_3F2 , the stage of VT occurred in nine days. It is noteworthy that this delivered a total of 20 leaves in

66 days, this being one of the families with lower number of leaves. The reproductive stages (VT and R1) were hit with 66 and 67 days after sowing, respectively (Figure 6).

With regard to hybrids, the stage was reached in the average for eight days for all hybrids. The hybrids AG 8690 PRO3[®], 2A525[®], P 30B39[®] and P 1630[®] produced 22 leaves before they reach the VT, in such a way that the three first hybrids needed 68 days and the last 65 days. The hybrid AG 9045[®] produced 21 leaves in 65 days. With regard to reproductive stages (VT and R1), everyone had a great time, and for the as hybrids, both stages feel the same days (AG 9045[®], 66; 2A525[®], 64; P30B39[®], 67 and AG 9045[®], 62) and to one of the hybrid, these stages had one day interval (P1630[®], 62 and 63 days.) (Figure 7). These hybrids showed a linear development in their stages without any problem. According to Nardino et al. (2016). hybrids stability and adaptability and yield efficiency, are constant before small trouble.

With respect to the families studied, it was observed that the amount of emitted leaves was influenced by days and the temperature, i.e., the larger number of emitted leaves the greater thermal demand required by the plant. Thus, plants with the highest number of leaves tend to have late cycle. In Brazil, the number of leaves has been used as a reference for demand of caloric units (Viégas and Peeten, 1987). The temperature is closely linked with the development of hybrids, which influences the length of its cycle (Nascimento et al., 2011). In development, the accumulation of biomass is positively influenced by the photosynthetic capacity, and this biomass distributed in organs of the plant, in order to meet the demand of assimilates the ear (González et al., 2011). Moreover, the intensity of demand of assimilates the sink, depends on the sink and its role in specific and, as soon as to distribution of photoassimilates, are caused by changes in the conditions, especially the short term, on the other hand, changes of long term, change the quantity of photoassimilates available (Taiz and Zeiger, 2010).

Numerous studies examining the importance of the leaves, trying to explain the relationship source-sink and simulating mechanical damage (by simulation with artificial defoliation) and physical demonstrated the negative influence on yield in hybrid cultivars. These studies were conducted in stages vegetative and reproductive organs, thus strengthening, the evidence of the function of each of the leaves, as the organ source in the synthesis of assimilates (Sangoi et al., 2001; Sala et al., 2007; Thomson & Geyer, 2009; Lima et al., 2010; Alvim et al., 2010, 2011; Pereira et al., 2012; Sangoi et al., 2012, 2014; Souza et al., 2015; Puc et al. 2016). Thus, a material with a higher number of components sources could be more efficient in the accumulation of assimilates and, therefore, provide greater or maintain their productive potential.

In commercial production, early cultivars have been proven to be effective due its short time of harvest and adapt well in the agricultural calendar, being that the area vacated prematurely can be used with another crop of short cycle crops. A shorter cycle, however, may not result in high yields, since hybrids with late cycle have been shown to be more productive (Araujo et al., 2013). Hybrids with short cycles tend to produce a lower number of leaves for the interception of radiation and usually require a higher plant density to reach a considerable income.

This leads us to believe that landrace populations with late cycles could be a good option to implement in breeding programs of population intended for regions with low technology, as to show a greater number of leaves and late cycle could be productive in these conditions.

The plant breeder should provide close attention to the number of leaves, as well as at the time of initiation of these and, the consecutively to size, the strength and numbers of organs source into genotypes of maize landraces in the programs of pre-breeding.

3.5 CONCLUSIONS

The duration of vegetative stages of families is relative to the amount of leaves developed.

The families with the greatest number of leaves require greater thermal demand to reach the flowering.

The families AAS₁F₁, DOS₃F₃, ABS₂F₂, ABS₃F₁, PLS₁F₁, PLS₃F₁, PLS₃F₂ and PLS₃F₃ showed synchrony.

3.6 ACKNOWLEDGMENT

We thank the Higher Coordination the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for granting to master's scholarship and research productivity's scholarship.

3.7 REFERENCES

- Arnold CY, 1960. Maximum–minimum temperatures as a basis for computing heat units. *Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences*, 76: 682.
- Alvim, K. R. T., C. H. Brito, A. M. Brandão, L. S. Gomes, M. T. G. Lopes, 2010. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. *Ciência Rural*, 40: 1017-1020.

- Alvim, K. R. T., C. H. Brito, A.M. Brandão, L. S. Gomes, M. T. G. Lopes, 2011. Redução da área foliar em plantas de milho na fase reprodutiva. *Revista Ceres*, 58: 413-418.
- Berlato Ma, R. Matzenauer. 1986. Teste de um modelo de estimativa do espigamento do milho com base na temperatura do ar, *Agronomia Sul Rio Grandense*, 22: 243-259.
- Bueno, L., C. Mendes, A. N. Antônio, S. P. Carvalho, 2006. *Melhoramento Genético de plantas: princípios e procedimentos*. Lavras: UFLA.
- Carvalho, V. P., C. P. Ruas, J. M. Ferreira, R. M. P. Moreira, P.M. Ruas, 2004. Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) landraces assessed by RAPD markers. *Genetics and Molecular Biology*, 27: 228-236.
- Cruz, C. D, 2013. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, 35: 271-276.
- Duncan, W. G., 1976. Maize. In: Evans, L. T. *Crop physiology: some case histories*, p. 373. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- De Araujo, A. V., D. D. S. B. Junior, I. C. P. V. Ferreira, C. A. Costa, B. B. A. Porto, 2013. Desempenho agrônomo de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. *Revista Ciência Agronômica*, 44: 885-892.
- Dyer, G. A., S. F. A. López, N. A. Yúnex, J. R. Taylor, 2014. Genetic erosion in maize's center of origin. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111: 14094-14099.
- Fornasieri Filho, D. 2007. *Manual da cultura do milho*. Jaboticabal: Funep. 576 p.
- Federer, W. T. 1956. Augmented (hoonuiaku) designs. *Hawaiian Planters' Record*, 55: 191-208.
- Fancelli, A. L., Dourado Neto, D, 2000. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária. p. 21-54.
- Goldsworthy, P. R. 1984. Crop growth and development: the reproductive phase. In P. R. Goldsworthy & N. M. Fisher, eds. *The physiology of tropical field crops*, p. 163-212. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.
- González, N., L. Alberto, P. Ortiz, R. Ernesto, E. A. Enríquez, T. Ibarra, J. Covarrubias Prieto, 2011. Fenología, crecimiento y sincronía floral de los progenitores del híbrido de maíz QPM H-374C. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2: 489-500.
- Kumudini, S., F. H. Andrade, K. J. Boote, G. A. Brown, K. A. Dzotsi, G. O. Edmeades, 2014. Tollenaar, M. Predicting Maize Phenology: Intercomparison of functions for developmental response to temperature. *Agronomy Journal*, 106: 2087.
- Nascimento, F. M., S. J. Bicudo, J. G. L. Rodrigues, M. B. Furtado, S. Campos, 2011. Productivity of maize genotypes in response to sowing time. *Revista Ceres*, 58: 193-201.
- Nalin. S. R., R. de Moura, F. L. Guedes, R. de C. S. Goussain, R. S. Nalin, 2013. Avaliação de variabilidade genética e correlações fenotípicas entre caracteres do pendão e produção

- de grãos de híbridos simples de milho (*Zea mays* L.). Brasília, DF – Brazil. Retrieved August 29, 2016, from <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/977387>>
- Nardino, M., D. Baretta, I. R. Carvalho, T. Olivoto, V. Q. Souza, V. A. Konflanz, A. C. Oliveira, L. C. Maia, 2016. Mixed models to characterize adaptability, stability and yield of hybrid corn. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10: 290-299.
- Lima, T. G., R. G. V. Pinho, J. L. A. R. Pereira, A. H. Brito, E. V. R. V. Pinho, 2010. Consequências da remoção do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho em duas épocas de semeadura. *Bragantia*, 69: 563-570.
- Olson, M. B., K. S. Morris, V. E. Méndez, 2012. Cultivation of maize landraces by small-scale shade coffee farmers in western El Salvador. *Agricultural Systems*, 111: 63-74.
- Poethig, R. S., 1994. The maize shoot. In M. Freeling, V. Walbot, eds. *The maize handbook*, p. 11–17. New York, NY, USA, Springer-Verlag.
- Pipolo, V. C., A. Souza, D. A. da Silva, T. P. Barreto, D. D. Garbuglio, J. M. Ferreira, 2010. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32: 1807-8621.
- Prasanna, B. M., 2012. Diversity in global maize germplasm: Characterization and utilization. *Journal of Biosciences*, 37: 843-855.
- Pereira, M. J. R., E. C. B. Bonan, A. Garcia, R. L. Vasconcelos, K. S. Giacomo, M. F. Lima, 2012. Características morfoagronômicas do milho submetido a diferentes níveis de desfolha manual. *Revista Ceres*, 59: 200-205.
- Puc, U. A. M., V. Q. Souza, T. Olivoto, M. Nardino, I. R. Carvalho, M. Ferrari, A. J. Pelegrin, V. J. Szareski, G. H. Demari, 2016. Yield components of hybrid based on the plant population and artificial defoliation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10: 136-142.
- Ritchie, S. W., J. J. Hanway, G. O. Benson, 1993. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, p 26 (Special Report, 48).
- Shaver, D. L. 1983. Genetics and breeding of maize with extra leaves above the ear. In 38th Proc. Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf., p. 161-180.
- Sangoi, L., M. L. D. E. Almeida, V. A. Lech, L. C. Gracietti, C. Rampazzo, 2001. Performance of contrasting cycle maize hybrids as affected by defoliation and plant population. *Scientia Agricola*, 58: 271-276.
- Sala, R. G., F. H. Andrade, M. E. Westgate, 2007. Maize kernel moisture at physiological maturity as affected by the source-sink relationship during grain filling. *Crop Science*, 47: 711.

- Shiferaw, B., B. M. Prasanna, J. Hellin, M. Bänziger, 2011. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. *Food Security*, v. 3, n. 3, p. 307, 2011.
- Sangoi, L., A. Schmitt, P. R. F. Silva, V. P. Vargas, S. R. Zoldan, J. Viera, C. A. Souza, G. J. P. Junior, P. Bianchet, 2012. Perfilamento como característica mitigadora dos prejuízos ocasionados ao milho pela desfolha do colmo principal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47: 1605-1612.
- Souza, V. Q., I. R. Carvalho, D. N. Follmann, M. Nardino, R. Bellé, D. Baretta, D. Schmidt, 2015. Desfolhamento artificial e seus efeitos nos caracteres morfológicos e produtivos em híbridos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 14: 61-74.
- Tojo Soler, C. M., P. C. Sentehlas, G. Hoogenboom, 2005. Thermal time for phenological development of four maize hybrids grown off season in a subtropical environment. *The Journal of Agricultural Science*, 143: 169-182.
- Thomison, P. R., A. B. Geyer, 2009. Corn response to differential removal of leaves from the upper and lower canopy. *Crop Management*, 8: 11-23.
- Taiz, L., E. Zeiger, 2010. *Plant Physiology*, 1. ed. Sinauer Associates: Sunderland, MA.
- Viégas, G. P., H. Peeten, 1987. Sistemas de produção. In: E. Paterniani, G. P. Viégas, (Ed.) *Melhoramento e produção de milho*. 2. ed. Campinas, Fundação Cargill, 2: 453-532.
- Worku, M., D. Makumbi, Y. Beyene, B. Das, S. Mugo, K. Pixley, B. M. Prasanna, 2016. Grain yield performance and flowering synchrony of CIMMYT's tropical maize (*Zea mays* L.) parental inbred lines and single crosses. *Euphytica*, 211: 395-409.

Table 1 - Families of S₁, S₂ and S₃ from the maize landraces populations, Planalto, Dente de Ouro, Argentino Amarelo and Argentino Branco.

	PLANALTO	DENTE DE OURO	ARGENTINO AMARELO	ARGENTINO BRANCO
S ₁	PLS ₁ F1 PLS ₂ F2 PLS ₃ F3	DOS ₁ F1 DOS ₂ F2 DOS ₃ F3	AAS ₁ F1 AAS ₂ F2 AAS ₃ F3	ABS ₁ F1 ABS ₂ F2 ABS ₃ F3
S ₂	PLS ₁ F1 PLS ₂ F2	DOS ₁ F1 DOS ₂ F2 DOS ₃ F3	AAS ₁ F1 AAS ₂ F2 AAS ₃ F3	ABS ₁ F1 ABS ₂ F2 ABS ₃ F3
S ₃	PLS ₁ F1 PLS ₂ F2	DOS ₁ F1 DOS ₂ F2 DOS ₃ F3	AAS ₁ F1 AAS ₂ F2 AAS ₃ F3	ABS ₁ F1 ABS ₂ F2 ABS ₃ F3

*The Planalto's population lacked family three in the generation S₂ and S₃, by reason of not having sufficient seed.

Table 2 - Simple hybrids used as controls.

HYBRIDS	AG 8690 PRO3 [®]	AG 9045 [®]	P 1630 [®]	P 30B39 [®]	2A525 [®]
TYPE	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple
CYCLE	Early	Super-early	Super-early	Early	Early
COMPANY	Seeds Agrocere [®]	Seeds Agrocere [®]	Pioneer [®] (DuPont BR)	Pioneer [®] (DuPont BR)	Dow AgroSciences [®]

Table 3 - Results for the 36 families segregating genotypes of maize landraces and hybrids evaluated for the cycle, measures of location and dispersion for thermal, season 2015/2016.

Family	Cycle	Mean	Median	Mode	Variance
AAS ₁ F1	T	988.28	1001.89	988.277	166.70
AAS ₁ F1	T	943.87	913.79	913.785	441.18
AAS ₁ F3	T	943.87	943.87	503.329	325.15
AAS ₂ F1	T	1046.78	1046.78	1015.406	311.14
AAS ₂ F2	T	988.28	1001.89	988.277	65.64
AAS ₂ F3	T	1031.43	*	*	*
AAS ₃ F1	T	1046.78	1063.30	1063.298	97.58
AAS ₃ F2	T	1001.89	1001.89	1001.885	142.41
AAS ₃ F3	T	1046.78	1046.78	1046.775	127.95
DOS ₁ F1	T	1031.43	1046.78	1046.775	97.58
DOS ₁ F2	T	1076.03	1076.03	1090.038	85.75
DOS ₁ F3	T	1015.41	1015.41	1015.406	65.64
DOS ₂ F1	T	1063.30	1063.30	1063.298	97.58
DOS ₂ F2	T	1046.78	1046.78	1063.298	127.95
DOS ₂ F3	T	1015.41	1015.41	1001.885	76.61
DOS ₃ F1	T	1046.78	*	*	*
DOS ₃ F2	T	913.79	913.79	913.785	37.94
DOS ₃ F3	T	898.49	898.49	913.785	37.94
ABS ₁ F1	P	881.98	881.98	881.977	85.75
ABS ₁ F2	T	913.79	913.79	913.785	97.58
ABS ₁ F3	T	943.87	913.79	913.785	127.95
ABS ₂ F1	T	913.79	913.79	928.494	51.31
ABS ₂ F2	T	943.87	943.87	1001.885	142.41
ABS ₂ F3	T	988.28	1001.89	1001.885	127.95
ABS ₃ F1	T	959.48	988.28	975.348	153.48
ABS ₃ F2	T	959.48	975.35	1001.885	111.79
ABS ₃ F3	T	988.28	1001.89	988.277	37.94
PLS ₁ F1	T	898.49	898.49	881.977	51.31
PLS ₁ F2	T	898.49	913.79	913.785	26.50
PLS ₁ F3	T	1046.78	1046.78	1076.025	238.25
PLS ₂ F1	T	959.48	959.48	898.492	224.24
PLS ₂ F2	SP	648.36	928.49	913.785	382.58
PLS ₂ F3	T	913.79	913.79	928.494	37.94
PLS ₃ F1	T	959.48	975.35	959.477	85.75
PLS ₃ F2	T	943.87	928.49	959.477	51.31
PLS ₃ F3	T	959.48	943.87	959.477	76.61
AG 8690 PRO3 [®]	T	943.87	943.87	943.87	76.61
AG 9045 [®]	T	913.79	898.49	898.49	65.64
P 1630 [®]	P	881.98	881.98	881.98	26.50
P 30B39 [®]	T	959.48	959.48	959.48	76.61
2A525 [®]	P	881.98	867.76	867.76	37.94

*SP: super-early cycle (780 to 830); P: early cycle (831 to 890); T: late cycle (891 to 1,200 STa °C day⁻¹).

*Families without median, mode and variance, are represented by a single plant.

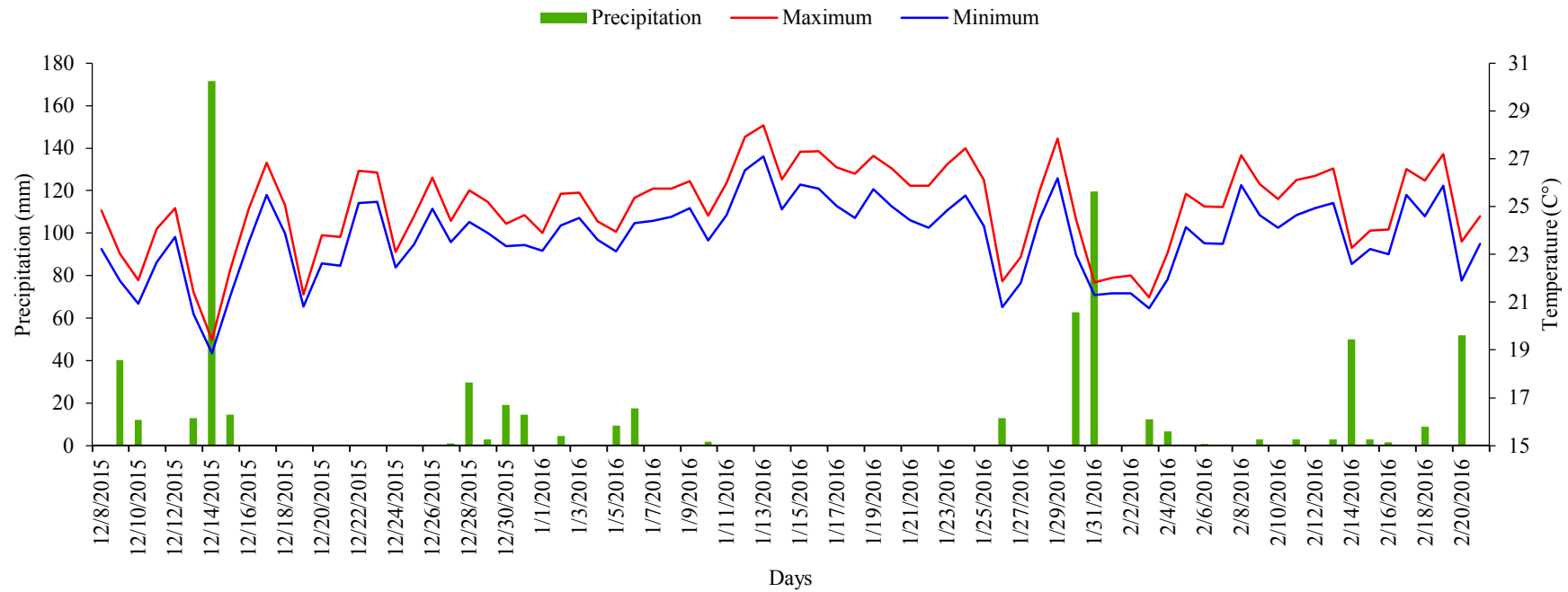


Figure 1 - Representation of the daily precipitation, maximum and minimum temperature of the sowing to the stage R1.

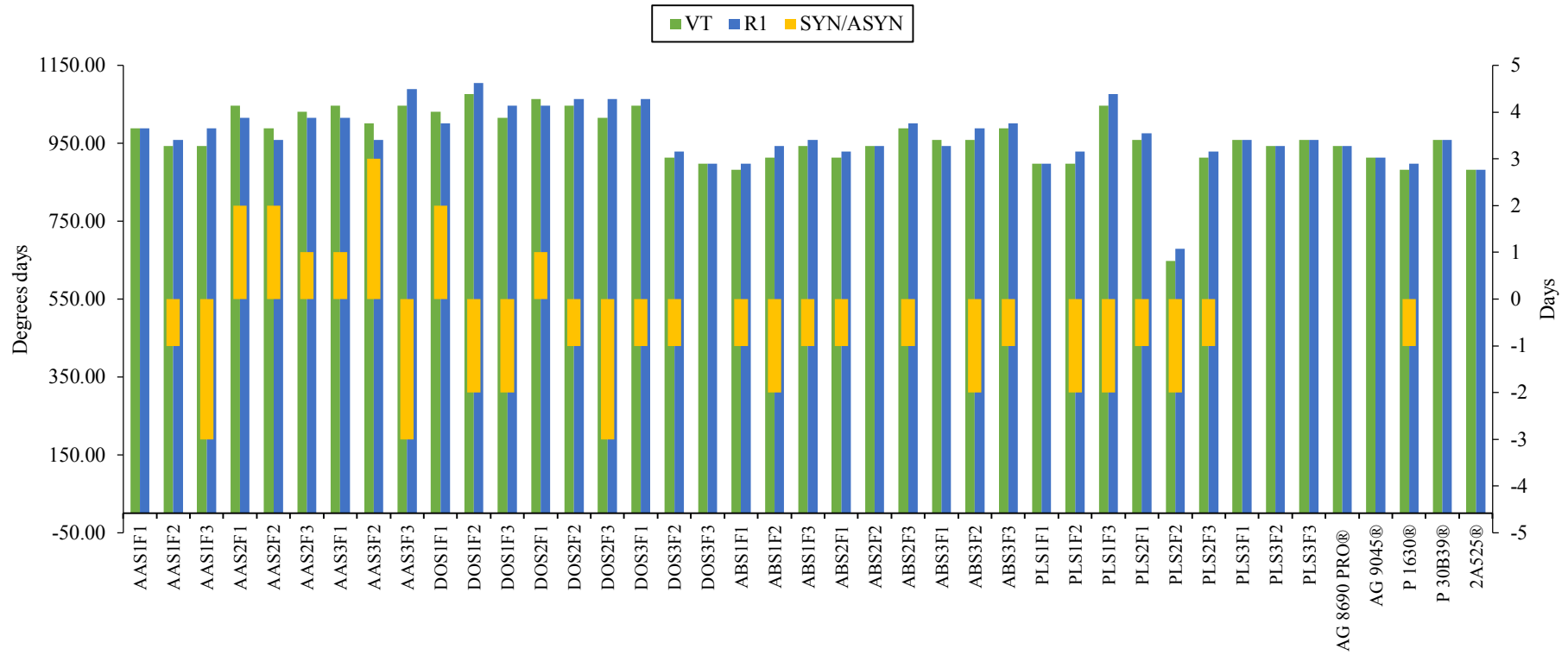


Figure 2 - Representing the thermal sum of the families and hybrids of corn on the basis of the accumulation of degree days for VT (number of days until pollen emission) and R1 (number of days until the issue of receptive silks). Right axis represents the days of ranges for synchrony/asynchrony.

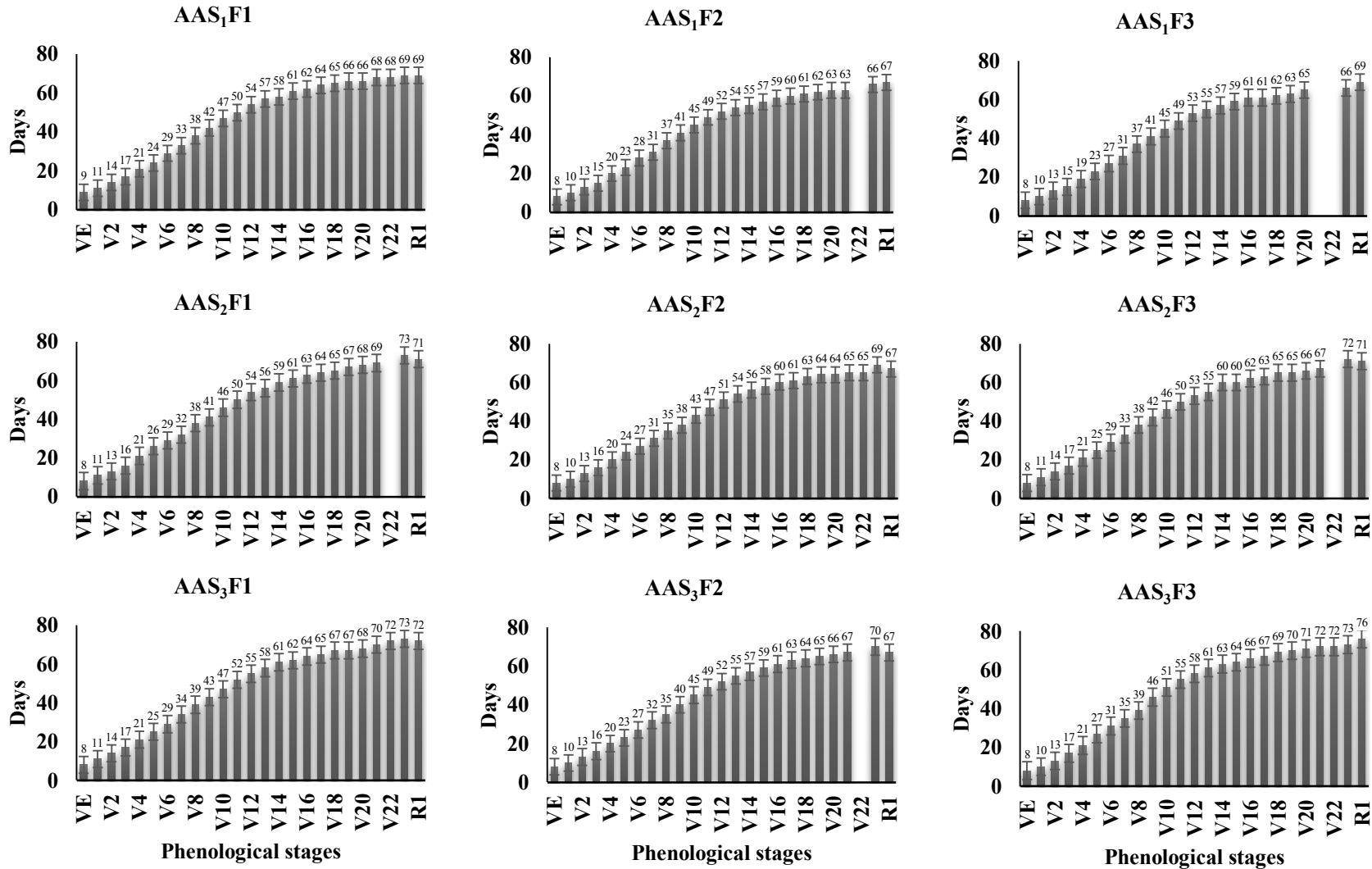


Figure 3 - Phenological stages of the population of Argentino Amarelo, families from generation S₁, families from generation S₂ and families from generation S₃.

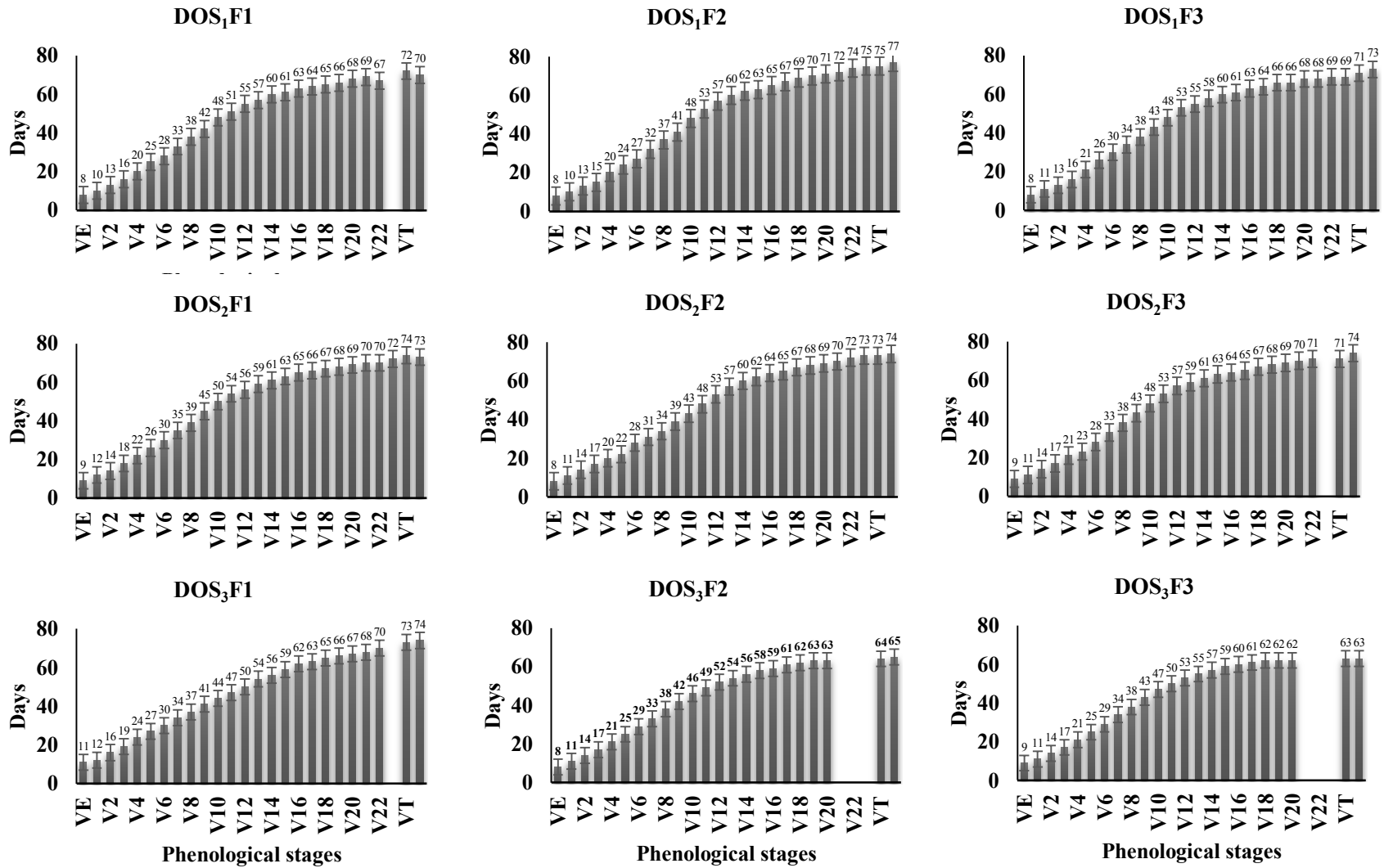


Figure 4 - Phenological stages of the population of Dente de Ouro, families from generation S₁, families from generation S₂ and families from generation S₃.

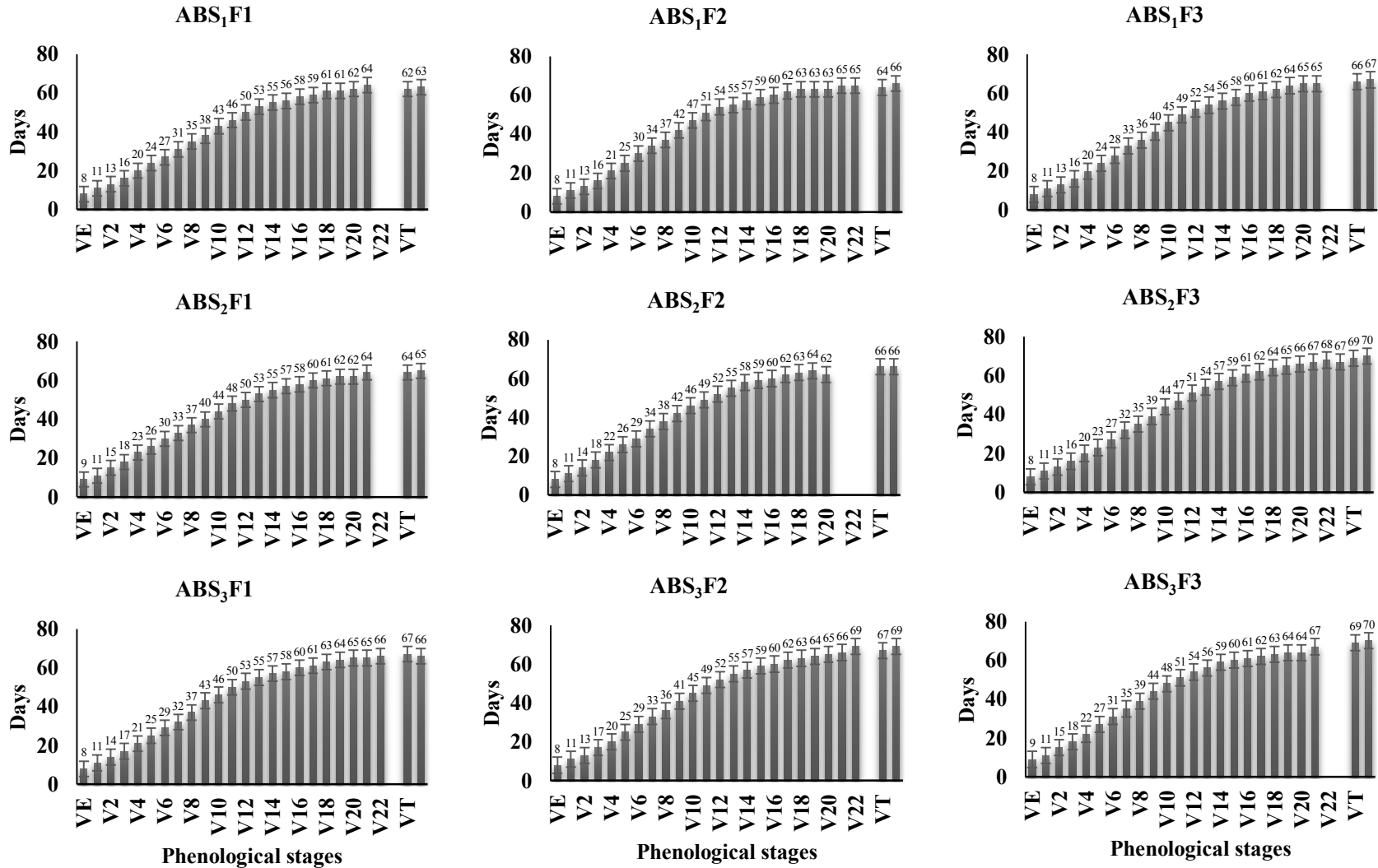


Figure 5 - Phenological stages of the population Argentino Branco. families from generation S₁, families from generation S₂ and families from generation S₃.

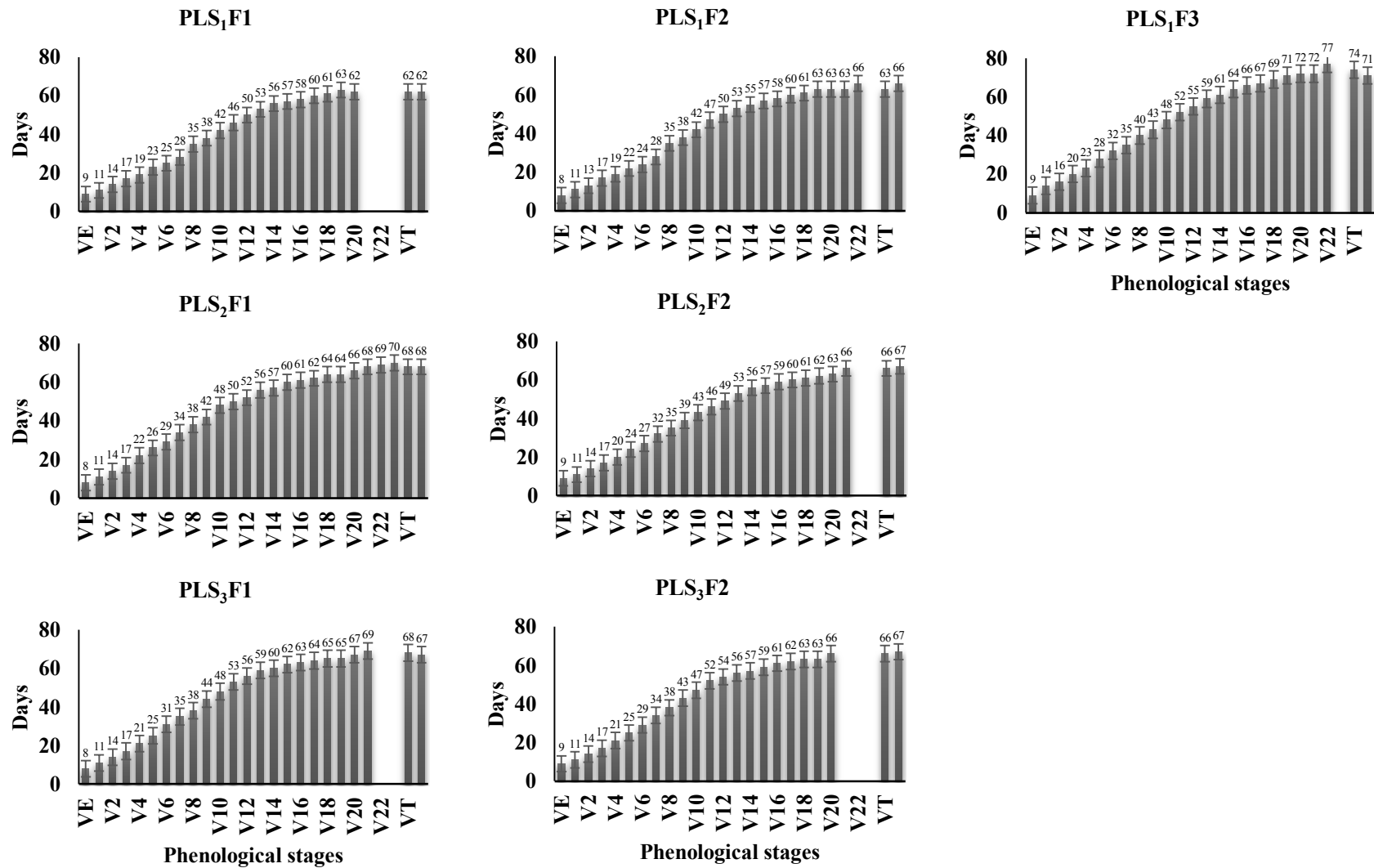


Figure 6 - Phenological stages of the Planalto population. families from generation S₁, families from generation S₂ and families from generation S₃.

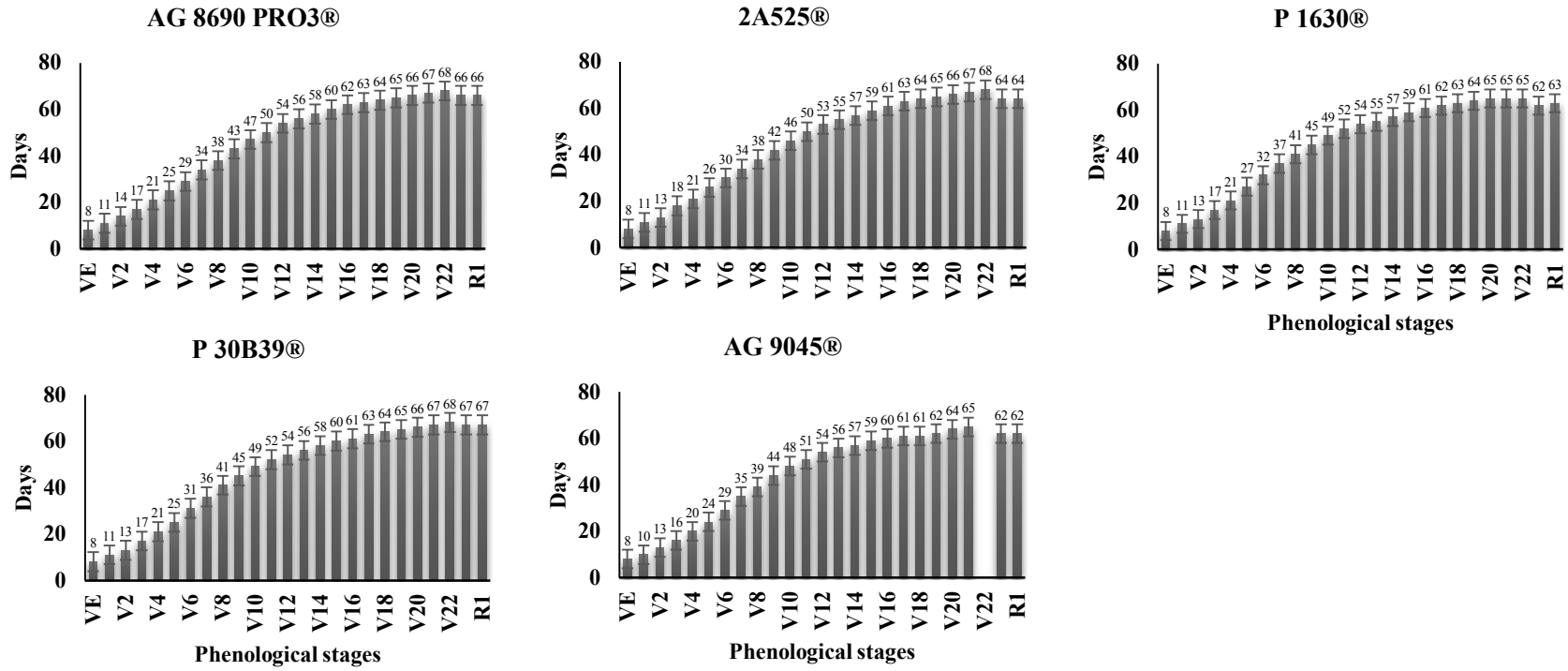


Figure 7 - Phenological stages of hybrids: AG 8690 PRO3®, AG 9045®, P 1630®, P 30B39® and 2A525®, according to the number of days.

4 ARTIGO II - YIELD COMPONENTS OF HYBRID BASED ON THE PLANT POPULATION AND ARTIFICIAL DEFOLIATION

Submetido para o periódico: Australian Journal of Basic and Applied Sciences

Situação: Publicado (<http://ajbasweb.com/old/ajbas/2016/June/136-142.pdf>)

10 (10) Junho 2016, Páginas: 136-142

Qualis B2

**YIELD COMPONENTS OF HYBRID BASED ON THE PLANT POPULATION
AND ARTIFICIAL DEFOLIATION**

**Adán Marcel Puc Uitzil¹, Velci Queiróz de Souza², Tiago Olivoto¹, Maicon Nardino³,
Mauricio Ferrari⁴, Alan Junior De Pelegrin⁴, Ivan Ricardo Carvalho⁴, Vinícius Jardel
Szareski⁵, Gustavo Henrique Demari⁵.**

¹ Departamento de Agronomia e Ciências ambientais, Universidade Federal de Santa Maria,
Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil;

² Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, Rio Grande do Sul, Brasil;

³ Departamento de Matemática e Estatística, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão,
Rio Grande do Sul;

⁴ Centro de Genômica e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Pelotas, Capão do
Leão, Rio Grande do Sul;

⁵ Departamento de Ciências Agrícolas, Universidade Federal de Pelotas, Capão do Leão, Rio
Grande do Sul, Brasil.

*Corresponding author. E-mail: adanpuc@hotmail.com

4.1 ABSTRACT

Physiological maturation is characterized by maximum accumulation of assimilates, and is an indicator for the time of harvest in order to produce seeds with high physiological quality, however, damage or restriction of leaf area caused by biotic stress or mechanical damage can be harmful, reflecting on end yield. We aimed to reveal the effects of artificial defoliation at physiological maturity on simple hybrid yield components of corn grown in different plant populations. The experiment was performed in Redentora, Rio Grande do Sul, Brazil, in 2014/2015 season growing. The experimental design was a randomized complete block design arranged in factorial design, with three replicates. Being two simple hybrids (DKB 240 VT PRO[®] and DKB 290 VT PRO[®]), two plants populations (60,000 and 75,000 p ha⁻¹ and two defoliation levels without defoliation and complete defoliation) held at physiological maturity (R6). The total defoliation negatively affected the yield components of the ear, reducing the ear length (5.6), the kernel mass per ear (10.9), the ear mass (8.9) and the grain yield was reduced (9.5%). The plant population reduced the number of kernels per row (14.4), the ear mass (22), the kernel mass per ear (21.3), thousand kernel weight (10.6), the kernel length (3.8), the kernel width (3.9) and grain yield (9.5%). Artificial defoliation on physiologic maturation and high plant population had a negative influence on main yield components of corn. The findings from this research will be useful to planning other researches involving artificial defoliation in corn.

Keywords: *Zea mays* L., foliar damage, physiological maturation.

4.2 INTRODUCTION

Maize (*Zea mays* L.) present great importance for human and animal consumption, also standing out for the production of biofuels that can partially replace some petroleum derivate (Alves, 2012). Currently, it is the most produced and researched cereal in the world, where the main producing countries are the United States, China and Brazil, the latter with 78.69 million tons produced (CONAB, 2015).

Quantification of their leaf area allows us to infer the photosynthetic potential, and its value depends on the number, size and arrangement of leaves as well as plant development stage (Magalhães et al., 2002). Yield depends on the conversion of intercepted photosynthetically active radiation, assimilated and converted into chemical energy in the form of assimilates, then these will be the basis for biomass accumulation and assimilates remobilization to the yield components (Sangoi et al., 2002).

Plants population can be closely related with the increase of grain yield per area, so that higher yields depend on the hybrid used and the chosen management level (Marchão et al., 2007). A high plant population may be favorable for hybrids that show modern architecture, however, may present susceptibility to abiotic stresses, mainly water deficit. Researches had revealed that the imbalances that occur in the plant on flowering, fruiting and ripening stages, affected the grain yield, and show strong association with the interaction effects between genotype and cultivation conditions (Kappes et al., 2011).

Physiological maturation is crucial to characterize the appropriate physiological period to harvest the seeds and still get a high vigor. Thus, at this stage all the kernel in the ear reach the maximum dry matter accumulation, and therefore may show productivity growth occurs along the process of natural leaf senescence (Magalhães et al., 2002). The source-sink balance induces the maintenance of leaves and extends their photosynthetic activity due to the demand of the sinks (Maddoni et al., 2002), with a slow senescence in the kernel filling process provides corn hybrids greater tolerance the high plant populations, to increase the period for kernel filling (Sangoi et al., 2013).

Researches aimed at quantifying the leaf area can predict the negative effects of mechanical damages caused by biotic and abiotic factors (Silva, 2001). It has been shown many researches evaluating defoliation corn in vegetative and reproductive stages and its negative influence on grain yield (Sangoi et al., 2001; Sala et al., 2007, Thomison and Geyer, 2009; Alvim et al, 2010; Lima et al, 2010; Alvim et al, 2011; Pereira et al, 2012; Sangoi et al, 2012,

2014; Souza et al, 2015), however, there are small researches that evaluated the effect of artificial defoliation applied on physiological maturity together with different plant population.

Thus, we aimed to reveal the effects of artificial defoliation at physiological maturity in yield components of corn simple hybrids grown in different plant populations.

4.3 MATERIAL AND METHODS

The experiment was performed in the 2014/2015 season grown in the city of Redentora, Rio Grande do Sul, Brazil, located at latitude 27°39'52" S and longitude 53°38'16" O, at 545 m a.s.l. The soil in this region is classified as Hapludox (EMBRAPA, 2006) and the climate is characterized as CFA (Alvares et. Al., 2013).

The experimental design was a randomized complete block design arranged in factorial design, with: two corn hybrids (DKB 240 VT PRO[®] and DKB 290 VT PRO[®]) x two-plant population (75,000 and 60,000 p ha⁻¹) x two artificial defoliation levels (without and complete defoliation), arranged in three replications. Each experimental unit was composed of four 5 meters long cultivar rows, spaced by 0.6 meters. A direct seeding system was used. Based fertilizer were performed by 250 kg ha⁻¹ of a 05.20.20 NPK formula. Coverage fertilizer were performed with 200 kg ha⁻¹ of a 45.00.00 NPK nitrogen fertilizer. To control weeds and insect-pests, a preventive management was held.

Treatments with artificial defoliation were prepared by removal of all leaves of plants in the experimental unit, when the hybrids reached physiological maturity (R6). The experiment was daily monitored to estimate the period in which each hybrid appeared at that stage to perform the defoliation, followed the methodology proposed by Souza et al. (2015).

The useful area of each experimental unit was characterized by the two central rows, excluding 0.5 meters at each end in order to minimize the edge effects. The harvest was performed when the kernels presented approximate humidity of 20% (corrected to 13%). We randomly sampled three ears in each experimental unit, where it is measured the following characters, according Carvalho et al. (2014).

- Ear diameter (ED): measured in the middle-third of the ear, with a digital caliper, results in millimeters (mm).
- Ear length (EL): measured the length from the base to the apex of the ear with a graduated scale, results in centimeters (cm).
- Number of kernels per row (NKR): determined by the count of the number of kernels per row, results in units.

- Ear mass (EM): mass was measured from the shank without straw through an analytical balance, results in grams (g).
- Kernel mass per ear (KME): the ears were manually threshed after measured the kernels mass through an analytical scale, results in g.
- Cob diameter (CD): determined the diameter in the middle-third of the cobs with a digital caliper, results in mm.
- Cob mass (CM): measured the mass of cobs using a analytical scale, presented in g.
- Thousand kernel weight (TKW): sampled by eight samples with 100 kernels in each experimental unit, the mass of each sample was gauged and extrapolated to TKM adjusted to 13% moisture, results in g.
- Kernel length (KL) and kernels width (KW): determined by a digital caliper in ten randomly sampled kernels in each experimental unit, then afforded the average value of the traits in each experimental unit results, in mm.
- Grain yield (GY): measured by the ratio of the kernels mass of each ear by the plant population, then set the kernel mass for each plant, moisture content of the correction to 13%, the values were adjusted for employed population density. (Kg ha^{-1}).

Dataset was submitted to three-way ANOVA by F test ($p < 0.05$ e $p < 0.01$), when the presuppositions were considered. Traits that revealed significant interaction between corn hybrids x plant populations x artificial defoliation levels were deployed to the simple effects. The traits without meaning interaction effects were compared in its main effects by Tukey test ($p < 0.05$). To perform the analysis, we used the GENES software (Cruz, 2013).

4.4 RESULTS AND DISCUSSION

Three-way ANOVA (Table 1) illustrates a significant interaction between corn hybrids x plant populations x artificial defoliation levels for the traits ear diameter (ED) and cob mass (CM); and simple interaction corn hybrids x artificial defoliation levels for the cob diameter (CD) and kernels width (KW). Traits without interaction were ear length (EL), ear mass (EM), kernel mass per ear (KME), number of kernels per row (NKR), thousand kernel weight (TKW), grain yield (GY) and kernel length (KL).

These results show the sensitivity of defoliation of maize hybrids performed on plants grown in different plant population, which complements the findings of other studies performed with use of artificial defoliation in vegetative and reproductive stages of plant (Sangoi et al.,

2001; Sala et al., 2007; Thomison and Geyer, 2009; Alvim et al., 2010; Lima et al., 2010; Alvim et al., 2011; Pereira et al., 2012; Sangoi et al., 2012, 2014; Souza et al., 2015).

Similar results with reduction of the ear diameter were observed by Souza et al. (2015) when evaluated simple hybrid defoliation levels in vegetative and reproductive stages of maize. Alvim et al. (2011), reported the reduction of physiological activities related to photosynthetic process of the withdrawal of the upper leaves of the plant during the reproductive stages, thus, reducing the accumulation of reserve carbohydrates that correspond to the morphological and reproductive structures of the plant, thus and may ultimately compromise the yield. The reduction in ear diameter, makes it clear that defoliation at this stage (R6), in plants grown with a density of 70,000 p ha⁻¹ can be harmful, and indicate that this trait is influenced by the plant population and the hybrid used (Marchão et al., 2007).

The CM was reduced due to defoliation, with similar response to the ED trait, this behavior was evidenced for the two hybrids, with the exception of the DKB 240 VT PRO[®] hybrid in plant population of 60,000 p ha⁻¹. Without defoliation, this hybrid did not vary between the plant populations, however, the DKB 290 hybrid VT PRO[®] not revealed trait changes in this situation (Table 3).

According to Alvim et al. (2011), photosynthetically active leaf area loss above the ear affects the cob mass. These authors also reported in the same work that the cob present function of assimilates translocation to the kernels. Thus, it can be expected that the accumulated reserves in the cobs were not enough to cause accumulation of assimilated when plants are dense. High plant population can result in increased to intraspecific competition by solar radiation, water and nutrients (Sangoi et al., 2001).

Regarding the CD, defoliation not influenced any of the hybrids. Perhaps this is related to the fact that the stadium where defoliation was carried out (R6), this morphological structure was already set. According to Carmo et al. (2012), the cob diameter are indicators of adverse factors in plant development, such as water deficit and intraspecific competition, especially in vegetative stages.

For KW, DKB 240 VT PRO[®] (9.59) was superior to DKB 290 VT PRO[®] hybrid (8.56), however, this, with defoliation decreased the trait (Table 4). Silva et al. (2012) evaluated the defoliation together with detasseling for female inbreeds, reports the reduction of kernel size and kernel mass. Research proved that greater accumulation of reserves in the stem may be impaired due to the defoliation effects (Sangoi et al., 2001).

Souza et al. (2015) availing the artificial defoliation in reproductive stages, observed reductions in ear length, ear mass, kernel mass per ear and ear diameter. The results obtained in this study make clear, as the damage to the leaf area of the plant, even at physiological maturity, adversely affect the yield components of corn. The results on the kernel mass per ear in this work, complement those obtained by Sangoi et al., (2001), Alvim et al. (2010) and Silva et al. (2012).

Stress by artificial defoliation in vegetative stage, compromises the corn yield components due interrupting physiological processes and photosynthetic plants but in physiological maturity stage (R6) the leaves begin to gradually senesce, however, are still important for filling kernels. In researches by Alvim et al. (2011) recently found by Souza et al. (2015) had shown that in vegetative and reproductive stages, the damage caused by artificial defoliation is notorious in the photosynthetic process, reducing the carbohydrates accumulation by plant. According to Sangoi et al. (2013), the increased demand for assimilates in kernel filling, provides maintenance of photosynthetic activity of the leaves, extending thus, the leaves permanence. These authors shown that the delay of leaf senescence contributes to higher grain yield per area.

A balance between the source-drain that regulates and determines the leaves photosynthetic activity there is (Maddoni et al., 2002). Based on this, it is also believed that when the organs that serve as assimilated reserve, as the stem and cob, do not accumulate the necessary reserves, the plant tends to keep photosynthetic their leaves to complete the kernel filling. This was observed in our study where the plants with defoliation presented a reduction in yield components, due to changes in source-drain ratio. Sangoi et al. (2014) reported that the stem acts as accumulator reserves organ, amortizing the consequences of defoliation to meet demand in kernel filling in super-early hybrids. The reduction in yield components due to defoliation in this work showed that translocation of assimilates from reserve organs was not enough to amortize the defoliation effects.

The GY, decreased by 9.5% due to defoliation tax, these results confirm the findings of Alvim et al. (2011), which noted that the total defoliation at R2 stage of corn, caused 7.9% reduction in grain yield, this is justified due to the modification of assimilated accumulation dynamics. Although a small reduction was observed in GY, we assume that the leaves loss can compromise the grain yield, even at the physiological maturity stage of maize.

Table 6 illustrates the effects caused by plant populations used, and their effects on NKR (14.4), EM (22), KME (21.3), TKM (10.6), KW (3.9) and KL (3.8%) traits, which showed

reductions. These results indicate that increased plant population can increase intraspecific competition for available resources in cultivation environment, and considerably affect the yield components of both hybrid and defoliation levels tested.

Researching ear traits correlation and hybrids type, Lopes et al. (2007), proved that the simple hybrids ear with higher thousand kernel weight and number of kernels per ear, have a positive direct effect (0.76 and 0.50, respectively) to increase the kernel mass per ear, showing that the hybrids types are the responsible for the relations among the ears' trait. About the increase in EL, researches proved that this trait presented a direct relation with the number of kernels per row (Vilela, 2012), contributing to the increase in the number of kernels per ear. Reddy et al. (2012) revealed a direct positive effect (0.237) of EL to kernel mass per plant. This results show an increase in grain yield, because Mohammadi et al. (2003) revealed that the kernel mass and the number of kernels per ear are the main yield components in the grain yield increase.

Assessing early and super-early simple hybrids in several plant populations, Kappes et al. (2011) reported that the better responses were obtained with a super-early hybrid with modern architecture when compared with another hybrids. In our research we observed a contrasting comportment, with a higher reduction on yield components observed to DKB 240 VT PRO[®] hybrid, a super-early hybrid as compared with DKB 290 VT PRO[®] hybrid.

Little research revealed the influence of artificial defoliation performed in physiologic maturation stage on yield components of corn hybrids. We proved that the artificial defoliation in this stage and high plant population have a negative influence on main yield components of corn, reducing the yield potential. Findings from this research will be useful for planning other researches involving artificial defoliation in corn.

4.5 CONCLUSIONS

Artificial the total defoliation in physiologic maturation, reduce the ear length (5.6), the kernel mass per ear (10.9), the ear mass (8.9) and the grain yield (9.5%).

Plant population at 70,000 plant per hectare reduce the number of kernels per row (14.4), the ear mass (22), the kernel mass per ear (21.3), the thousand kernel weight (10.6), the kernel length (3.8), the kernel width (3.9) and the grain yield (9.5%).

DKB 290 VT PRO[®] hybrid presents superiority on kernel mass per ear (6.9), ear length (16.3) and kernel length (4%) in relation to DKB 240 VT PRO[®] hybrid.

4.6 REFERENCES

- Alvim, K. R. T., C. H. Brito, A.M. Brandão, L. S. Gomes, M. T. G. Lopes, 2010. Quantificação da área foliar e efeito da desfolha em componentes de produção de milho. *Ciência Rural*, 40: 1017-1020.
- Alvim, K. R. T., C. H. Brito, A.M. Brandão, L. S. Gomes, M. T. G. Lopes, 2011. Redução da área foliar em plantas de milho na fase reprodutiva. *Revista Ceres*, 58: 413-418.
- Alves, J. O., C. Zhuo, Y. A. Levendis, J. A. S. Tenório, 2012. Síntese de nano materiais de carbono a partir de resíduos de milho (DDGS). *Química Nova*, 35: 1534-1537.
- Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. de Moraes Gonçalves, G. Sparovek, 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22: 711-728.
- Brachtvogel, E. L., F. R. Pereira, S. C. S. Cruz, M. L. Abreu, S. J. Bicudo, 2012. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intra-específica em milho. *Revista Trópica*, 6: 75-83.
- Carmo, M. S., S. C. S. Cruz, E. J. Souza, L. F. C. Campos, C. G. Machado, 2012. Sources and doses of nitrogen in the envelopment of culture end productivity of sweet corn. *Bioscience Journal*, 28: 223-231.
- Carvalho, I. R., V. Q. de Souza, D. N. Follmann, M. Nardino, D. Schmidt, 2014. Desempenho agrônômico de híbridos de milho em ambiente irrigado e sequeiro. *Enciclopédia Biosfera*, 10: 1144-1153.
- CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos. 2: 5.
- Cruz, C. D., 2013. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, 35: 271-276.
- EMBRAPA, 2006. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Kappes, C., J. A. Andrade, C. da A. Orivaldo., A. C. Oliveira, M. Valentini, J. P. Ferreira, 2011. Performance of corn hybrids in different space arrangements of plants. *Bragantia*, 70: 334-343.
- Lima, T. G., R. G. V. Pinho, J. L. A. R. Pereira, A. H. Brito, E. V. R. V. Pinho, 2010. Consequências da remoção do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho em duas épocas de semeadura. *Bragantia*, 69: 563-570.
- Lopes, S. J., A. D. C. Lúcio, L. Storck, H. P. Damo, B. Brum, V. J. D. Santos, 2007. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. *Ciência Rural*, 37: 1536-1542.
- Maddoni, G. A., M. Otegui, B. Andrieu, M. Chelle, J. J. Casal, 2002. Maize leaves turn away from neighbors. *Plant Physiology*, 130: 1181-1189.

- Magalhães, P. C., F. O. M. Durães, N. P. Carneiro, E. Paiva, 2002. Fisiologia do Milho Embrapa Milho e Sorgo, p: 65.
- Marchão, R. L., E.M. Brasil, J. B. Duarte, C. M. Guimarães, J. A. Gomes, 2007. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35: 93-101.
- Mohammadi, S. A., B. M. Prasanna, N. N. Singh, 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. *Crop Science*, 43: 1690-1697.
- Oliveira, C. D. E., S. M. N. Santos, S. Rufatto, 2014. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar p3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. *Nativa*, 2: 162-165.
- Pereira, M. J. R., E. C. B. Bonan, A. Garcia, R. Lima-Vasconcelos, G. K. Santos, M.F. Lima, 2012. Características morfoagronômicas do milho submetido a diferentes níveis de desfolha manual. *Revista Ceres*, 59: 200-205.
- Reddy, V. R., F. Jabeen, M. R. Sudarshan, A. S. Rao, 2012. Studies on genetic variability, heritability, correlation and path analysis in maize (*Zea mays* L.) Over locations. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 4: 196-199.
- Sala, R.G., F.H. Andrade, M.E. Westgate, 2007. Maize Kernel Moisture at Physiological Maturity as Affected by the Source–Sink Relationship during Grain Filling. *Crop Science*, 47: 711.
- Sangoi, L., M. L. D. E. Almeida, V.A. Lech, L.C. Gracietti, C. Rampazzo, 2001. Performance of contrasting cycle maize hybrids as affected by defoliation and plant population. *Scientia Agricola*, 58: 271-276.
- Sangoi, L., M. L. Almeida, P. R. F. Silva, G. Argenta, 2002. Bases morfológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. *Bragantia*, 61: 101-110.
- Sangoi, L., G. J. P. Junior, V.P. Vargas, J. Vieira, A. Schmitt, S. R. Zoldan, E. Siega, G. Carniel, 2014. Cobertura nitrogenada como estratégia para reduzir os prejuízos da desfolha em diferentes estádios fenológicos do milho. *Semina: Ciências Agrárias*, 35: 671-682.
- Sangoi, L., A. Schmitt, P. R. F. Silva, V. P. Vargas, S. R. Zoldan, J. Viera, C. A. Souza, G. J. P. Junior, P. Bianchet, 2012. Perfilamento como característica mitigadora dos prejuízos ocasionados ao milho pela desfolha do colmo principal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47: 1605-1612.
- Sangoi, L., C. G. Zanin, A. Schmitt, J. Vieira, 2013. Senescência foliar e resposta de híbridos de milho liberados comercialmente para cultivo em diferentes épocas ao adensamento. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 12: 21-32.
- Silva, N. A., E. A. Lopes, B. S. Vieira, L. A. Rocha, 2012. Efeito da desfolha na produtividade de linhagens fêmeas de milho durante o despendoamento (*Zea mays* L.). *Cerrado Agrociências*, 3: 1- 9.

- Souza, V. Q., I. R. Carvalho, D. N. Follmann, M. Nardino, R. Bellé, D. Baretta, D. Schmidt, 2015. Desfolhamento artificial e seus efeitos nos caracteres morfológicos e produtivos em híbridos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 14: 61-74.
- Thomison, P. R., A. B. Geyer, 2009. Corn response to differential removal of leaves from the upper and lower canopy. *Crop Management*, 8: 11-23.
- Vilela, R. G., O. C. Kappes, F. H. Kaneko, D. C. Gitti, J. P. Ferreira, 2012. Desempenho agronômico de híbridos de milho em função da aplicação foliar de fungicidas. *Bioscience Journal*, 28: 25-33.
- Wilhelm, W.W., B.E. Johnson, J. S. Schepers, 1995. Yield, quality and nitrogen use of inbred corn with varying numbers of leaves removed during detasseling, *Crop Science*, 35: 209- 212.

Table 1 – Summary of the analysis of variance with the mean squares for the traits ear diameter (ED, in mm), ear length (EL, in cm), number of kernels per row (NKR, in units), ear mass (EM, in g), kernel mass per ear (KME, in g), cob diameter (CD, in mm), cob mass (CM, in g), thousand kernel weight (TKW, in g), kernel length (KL, in mm), kernel width (KW, in mm) and grain yield (GY, in kg ha⁻¹).

Source of Variation	DF	Mean squares					
		ED	EL	NKR	EM	KME	CD
Block	2	1.731 ^{ns}	0.044 ^{ns}	1.977 ^{ns}	5.370 ^{ns}	69.085 ^{ns}	0.607 ^{ns}
Defoliation (D)	1	21.837 ^{**}	5.642 [*]	28.165 ^{ns}	4466.882 ^{**}	2063.632 ^{**}	0.188 ^{ns}
Hybrid (H)	1	0.002 ^{ns}	38.423 ^{**}	7.407 ^{ns}	1131.050 ^{ns}	1059.519 [*]	0.753 ^{ns}
Population (P)	1	30.224 ^{**}	19.141 ^{**}	174.253 ^{**}	20620.758 ^{**}	13702.97 ^{**}	2.660 ^{ns}
D*H	1	4.729 [*]	1.231 ^{ns}	8.963 ^{ns}	214.036 ^{ns}	66.251 ^{ns}	9.586 ^{**}
D*P	1	4.111 [*]	1.055 ^{ns}	1.501 ^{ns}	762.168 ^{ns}	598.471 ^{ns}	2.888 ^{ns}
H*P	1	2.476 ^{ns}	0.111 ^{ns}	0.074 ^{ns}	124.579 ^{ns}	82.618 ^{ns}	1.301 ^{ns}
D*H*P	1	3.744 [*]	0.130 ^{ns}	2.666 ^{ns}	117.316 ^{ns}	35.939 ^{ns}	0.746 ^{ns}
CV (%)		1.77	4.73	9.47	7.54	7.22	3.63
		CM	TKW	KL	KW	GY	-
Block	2	1.314 ^{ns}	65.758 ^{ns}	0.073 ^{ns}	0.024 ^{ns}	219435.920 ^{ns}	-
Defoliation (D)	1	309.401 ^{**}	9.310 ^{ns}	0.513 ^{ns}	0.098 ^{ns}	9456028.500 ^{**}	-
Hybrid (H)	1	0.405 ^{ns}	58.095 ^{ns}	1.338 ^{**}	2.037 ^{**}	4286164.160 ^{ns}	-
Population (P)	1	503.360 ^{**}	2048.434 ^{**}	1.649 ^{**}	0.718 ^{**}	7337495.360 [*]	-
D*H	1	21.478 [*]	210.895 ^{ns}	0.004 ^{ns}	1.204 ^{**}	249094.560 ^{ns}	-
D*P	1	41.056 [*]	273.767 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.150 ^{ns}	3302496.140 ^{ns}	-
H*P	1	10.041 ^{ns}	91.439 ^{ns}	0.046 ^{ns}	0.188 ^{ns}	183242.260 ^{ns}	-
D*H*P	1	23.046 [*]	3.867 ^{ns}	0.072 ^{ns}	0.071 ^{ns}	121784.780 ^{ns}	-
CV (%)		6.01	7.93	2.86	2.79	7.65	-

* p < 0.05, **p < 0.1 and ns not significant

Table 2 – Averages values for interaction among corn hybrids x plant populations x artificial defoliation levels for ear diameter (ED, in millimeters).

Plant population	Without defoliation		With defoliation	
	DKB 240 VT PRO [®]	DKB 290 VT PRO [®]	DKB 240 VT PRO [®]	DKB 290 VT PRO [®]
75,000 p ha ⁻¹	50.29 aAα	49.73 bAα	47,65 bAβ	46,89 bAβ
60,000 p ha ⁻¹	50.27 aAα	52.58 aAα	50,87 aAα	49,82 aAβ
CV (%)	1.77			

* Averages followed by the same letter in the column comparing plant population, uppercase on the line, comparing corn hybrids and Greek on the line, comparing artificial defoliation levels not differ by Tukey test at 5% probability error.

Table 3 – Averages values for interaction among corn hybrids x plant populations x artificial defoliation levels to the cob mass trait (CM, grams).

Plant population	Without defoliation		With defoliation	
	DKB 240 VT PRO [®]	DKB 290 VT PRO [®]	DKB 240 VT PRO [®]	DKB 290 VT PRO [®]
75,000 p ha ⁻¹	37.43 aAα	35.81 bAα	27.56 bAβ	26.08 bAβ
60,000 p ha ⁻¹	40.72 aAα	45.6 aAα	40.00 aAα	37.19 aAβ
CV (%)	6.01			

* Averages followed by the same letter in the column comparing plant population, uppercase on the line, comparing corn hybrids and Greek on the line, comparing artificial defoliation levels not differ by Tukey test at 5% probability error.

Table 4 – Averages for interaction among corn hybrids x artificial defoliation levels for the traits cob diameter (CD, in mm) and kernel width (KW, in mm).

Simple hybrid corn	Cob diameter (CD)		Kernel Width (KW)	
	With defoliation	Without defoliation	With defoliation	Without defoliation
DKB 240 VT PRO®	26.52 aA	25.44 aA	9.01 aB	9.59 aA
DKB 290 VT PRO®	25.61 aA	27.06 aA	8.88 bA	8.56 bA
CV (%)	3.79		3.32	

* Averages followed by the same letter in the column comparing hybrids and uppercase on the line, comparing artificial defoliation levels not differ by Tukey test at 5% probability error.

Table 5 – Average values for the traits ear length (EL), ear mass (EM), kernel mass per ear (KME) and grain yield (GY) under different artificial defoliation levels.

Artificial defoliation levels	EL (cm)	EM (g)	KME (g)	GY (Kg ha ⁻¹)
With defoliation	16.29 b	224.19 b	190.77 b	12.225 b
Without defoliation	17.26 a	251.48 a	209.31 a	13.511 a
CV (%)	4.73	7.49	7.17	7.65

* Averages followed by the same letter in the column do not differ by Tukey test at 5% probability error.

Table 6 – Average values for the number of kernels per row (NKR), ear mass (EM), kernel mass per ear (KME), thousand kernel weight (TKW), kernel length (KL), kernel width (KW), grain yield (GY) depending on the plant population.

Plant population	NKR (unit)	EM (g)	KME (g)	TKM (g)	KL (mm)	KW (mm)	GY (Kg ha ⁻¹)
70,000 p ha ⁻¹	31.94 b	208.52 b	176.15 b	155.26 b	12.90 b	8.83 b	12.220 b
60,000 p ha ⁻¹	37.33 a	267.52 a	223.94 a	173.74 a	13.43 a	9.18 a	13.436 a
CV (%)	8.71	7.49	7.17	7.8	2.76	4.13	7.65

* Averages followed by the same letter in the column do not differ by Tukey test at 5% probability error.

Table 7 – Average values to kernel mass per ear (KME), ear length (EL), kernel length (KL) in function of the simple hybrids corn.

Simple hybrid corn	KME (g)	EL (mm)	KL (mm)
DKB 240 VT PRO®	193,40 b	15,51 b	12,93 b
DKB 290 VT PRO®	206,69 a	18,04 a	13,45 a
CV (%)	7,17	4,73	2,76

* Averages followed by the same letter in the column do not differ by Tukey test at 5% probability error.

5 DISCUSSÃO GERAL

Atualmente, os problemas que a agricultura enfrenta, especificamente com a cultura do milho, trazem controvérsias na determinação da escolha do melhor híbrido. Dado que, em algumas regiões do Brasil o milho vem perdendo superfície em função do crescimento de outras culturas, atualmente mais rentáveis, tais como a soja. Por outro lado, quando o milho é cultivado, o produtor busca híbridos mais produtivos e que melhor se adaptem a suas condições.

Dado que o desenvolvimento de novos híbridos é constante, a procura de genes/alelos favoráveis é sempre alvo dos programas de melhoramento. Em decorrência disto, a avaliação de linhagens segregantes é fundamental, para tal, o milho crioulo sempre foi uma reserva de alelos para características desejáveis em híbridos modernos, estes, resguardados nos bancos de germoplasma ou por produtos rurais. Assim, materiais nativos e acessíveis, apresentam características atrativas podem ser estudadas como uma alternativa.

No primeiro capítulo, os resultados mostram como a morfologia de plantas de milho crioulo se comportam diante dos efeitos da endogamia, considerando a sua fenologia, nas fases vegetativas, floração e ciclo total. Assim, envolvemos princípios aplicados no pré-melhoramento, que podem ser importantes para os programas de melhoramento de milho.

Considerando a agricultura familiar, onde pequenos produtores ainda cultivam variedades locais de milho, foram estabelecidos ensaios com plantas autofecundas de milho crioulo, nos quais se observaram informações relevantes para esse fim. Famílias foram caracterizadas e determinado o número de folhas emitidas na etapa vegetativa, sincronia floral e demanda térmica, dado que o ciclo das cultivares está relacionada diretamente com estes três fatores e, este é determinante na escolha de variedades ou híbridos de milho para o sucesso da lavoura. Em muitos dos casos os materiais de ciclo superprecoce são mais recomendados, principalmente pelo seu desenvolvimento rápido, reduzindo o tempo de ocupação da área, o que faz com que o produtor aproveite estrategicamente a superfície liberada, com outras culturas na entressafra ou para iniciar antecipadamente a safrinha., no entanto, nem sempre são os que apresentam maior rendimento de grãos, quando comparados às variedades ou hídricos de ciclo precoce ou tardio.

Em antigos programas de melhoramento, linhagens de clima temperado eram utilizados por apresentar ciclo tardio, na busca por um maior rendimento de grãos. Por outro lado, materiais tardios tendem a ser mais rústicos e a desenvolver maior número de folhas, favorecendo a eficiência na conversão de fotoassimilados e tolerando curtos períodos de déficit hídrico.

Referente à floração, foi evidenciado que apenas algumas famílias apresentaram sincronia adequada, sendo esta, uma característica importante a ser considerada no melhoramento genético. Concluímos assim, a presença de variabilidade genética para esta característica em materiais com potencial para integrar futuros programas de melhoramento genético. Assim, enfatizamos que os milhos crioulos devem ser estudados na busca por materiais adaptados para regiões específicas, em função da sua plasticidade fenotípica. Da mesma forma, é importante que os melhoristas considerem os materiais dos bancos de germoplasma para incorporá-los nos programas de melhoramento.

Os resultados do segundo capítulo, demonstraram como o estresse abiótico (desfolha) pode interferir de forma negativa nos componentes do rendimento de grãos da cultura. Resultados que podem ser interpretados como danos causados por insetos desfolhadores, chuva de granizo, implementos agrícolas por ocasião da aplicação de agroquímicos pela maquinaria ou implementos, dentre outros. Pelos resultados obtidos neste estudo, a desfolha artificial pode ser implementada para simular estes danos em outras espécies vegetais, em diferentes fases de desenvolvimento.

Por outro lado, a população de plantas por área deve ser adequadamente implementada pelos produtores, pois é fundamental considerar as indicações dos obtentores dos híbridos, levando em consideração as suas características agronômicas e manejo agrônomo. Assim, fazemos referência ao estudo dos estresses biótico e abiótico, os quais são os principais fatores que devem ser controlados e analisados continuamente, pois influenciam diretamente nas perdas de rendimento de grãos ou até a perda total da produção. O número total de folhas emitidas, indicou uma estreita relação com o ciclo, podendo se considerar como um parâmetro de seleção indireta.

6 CONCLUSÃO GERAL

A desfolha na maturação fisiológica resulta em reduções importantes nos componentes de rendimento de grãos (comprimento da espiga, massa de grãos por espiga, massa da espiga, diâmetro da espiga). Revelando assim, que na maturação fisiológica o milho sofre efeito negativo nos seus processos fotossintéticos, que embora próximo da senescência, ainda contribuem para o processo final de enchimento dos grãos.

A alta população de plantas, demonstra efeitos negativos à cultura, pois, reduziu características importantes da espiga como: número de grãos por fileira, massa da espiga, massa

de grãos por espiga, massa de mil grãos, comprimento do grão, largura do grão e o rendimento de grãos.

As famílias autofecundadas de milho crioulo, revelaram relação de equilíbrio entre biomassa/demanda térmica, pois as famílias com maior porte, tenderam a demandar maior exigência térmica para suprir estas necessidades.

Oito famílias (AAS₁F1, DOS₃F3, ABS₂F2, ABS₃F1, PLS₁F1, PLS₃F1, PLS₃F2 e PLS₃F3) mostraram uma ótima sincronia floral, mostrando-se superiores quanto a esta característica, principalmente devido ao breve déficit hídrico ocorrido no período experimental.

REFERÊNCIAS

- ALDRICH, S.R.; SCOTT, W. O.; LENG, E. R. **Modern corn production**. 2. ed. Champaign: A & L Publication, 1982. 371 p.
- AHN, S.; ANDERSON, J. A.; SORRELLS, M. E.; TANKSLEY, S. D. Homoeologous relationships of rice, wheat and maize chromosomes. **Molecular Genetic**, v. 241, n. 5-6, p. 483-490, 1993.
- AHN, S.; TANKSLEY, S. D. Comparative linkage maps of the rice and maize genomes. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, v. 90, n. 17, p. 7980-7984, 1993.
- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JR.; A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1. p. 23-29, 2000.
- ARAÚJO, P. M.; NASS, L. L. Caracterização e avaliação de populações de milho crioulo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 589-593, 2002.
- BRIEGER, F. G.; GURGEL, J. T. A.; PATERNIANI, E.; BLUMENSCHHEIN, A.; ALLEONI, M.R. **Races of maize in Brazil and other eastern South America countries**. Washington, 1958. (NAS-NRC, 593).
- BREWBAKER, J. L. **Genética na agricultura**. Tradução de J. T. A. Gurgel e R. Venkovsky. São Paul: Universidade de São Paulo. 1969-224 p. 1969.
- BUCKLER, E. S.; STEVENS, N. M. **Maize origins, domestication, and selection**. In: MOTLEY, T. J.; ZEREGA, N.; CROSS, H. (Ed). New York: Columbia, Cap. 4, p. 67-90, 2006.
- CHANG, T. T. **Availability of plant germplasm for use in crop improvement**. In: STALKER, H. T.; MURPHY, J.P. (Ed.) Plant breeding in the 1990s. Melksham: Redwood press, 1992. p. 17-35.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Safra a vista. *Cultivar*, Pelotas, v. 9, n. 101 out. 2007. *Milho Caderno Técnico. Cultivar*, Pelotas, n. 101, p. 5-14, 2007. Encarte.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; Milho: tempo COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. De escolha. **Cultivar**; Grandes Culturas, Pelotas, Acompanhamento da safra brasileira: grãos, v. 11, n. 123, p. 22-34, 2009.
- DEVOS, K. M.; CHAO, S.; LI, Q. Y.; SIMONETTI, M.C.; GALE, M. D. Relationship between chromosome 9 of maize and wheat homologous group 7 chromosomes. **Genetics**, v. 138, n. 17, p. 1287-1292, 1994.
- DUVICK, D. N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). **Advances in Agronomy**, v. 86, p. 83-145, 2005.
- EMYGDIO, B. M.; SILVA, S.D. DOS A.; PORTO, M. P.; TEIXEIRA, M. C. C.; OLIVEIRA, A .C. B. **Fenologia e características agronômicas de variedades de milho recomendadas para o RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 18 p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 74).
- EOIN, L. N. Maize genetics: Backyard biodiversity. **Nature Plants**, v. 2, n. 5, p. 16068, 2016.

- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Gerenciamento da cultura de milho**. Piracicaba: LPV; ESALQ, Departamento de produção vegetal, Fundação Cargill, 1999. 795 p.
- FRACHEBOUD, Y.; HALDIMANN, P.; LEIPNER, J.; AND STAMP, P. Chlorophyll fluorescence as a selection tool for cold tolerance of photosynthesis in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 50, n. 38, p. 1533-1540, 1999.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: **Agropecuária**, p. 21-54, 2000.
- GUPTA P. K.; TSUCHIYA T. **Chromosome Engineering in Plants**, 1. ed. New York: Elsevier Science, 1991.
- GALLAIS, A.; HIREL, B. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. **Experimental Botany**, v. 55, n. 396, p. 295-306, 2004.
- HERTEL, T. W.; GOLUB, A. A.; JONES, A. D.; O'HARE, M.; PLEVIN, R. J.; KAMMEN, D. M. Effects of US maize ethanol on global land use and greenhouse gas emissions: estimating market-mediated responses. **BioScience**, v. 60, n. 3, p. 223-231, 2010.
- KINIRY, J. R.; BONHOM M. E. **Predicting maize phenology**. In: HODGES, C. (Ed.) Predicting crop phenology. Boca raton: CRC Press. 1991. p. 115-131.
- KVITSCHAL, M. V.; MANTINE, E.; VIDIGAL FILHO, P. S.; VIDIGAL, M. C. G.; SCAPIM, C.A. Arranjo de plantas e produção de dois híbridos simples de milho. **Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 122-131, 2010.
- LEE, E.A.; TOLLENAAR, M. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. **Crop Science**, v. 47, n. 3, p. 202-215, 2007.
- MARSHALL, D. R. **Limitations to the use of germplasm collections**. In: BROWN, A. D. H.; FRANKEL, O. H.; MARSHALL, D. R.; WILLIAMS, J. T. (Ed.) The use of plant genetic resources. Cambridge: University Press, 1989. p. 105-120.
- MAGALHÃES, P.C.; RESENDE, M.; OLIVEIRA, A. C. de; DURÃES, F. O. M.; SANS, L. M. A. **Caracterização morfológica de milho de diferentes ciclos**. In: Congresso nacional de milho e sorgo, 20, 1994.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C. de. Efeitos do quebramento do colmo no rendimento de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 22, n. 3, p. 279-289, 1998.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, A. C. de.; GAMA, E. E. G. Efeitos de diferentes técnicas de despendoamento na produção de milho. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 1, p. 77-82, 1999.
- MONDO, V. H. V.; CARVALHO, S. J. P. D.; LABONIA, V. D. D. S.; DOURADO NETO, D.; CICERO, S. M. Comparação de métodos para estimativa de área foliar em plantas de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 3, p. 233-246, 2009.
- OLSON, M. B.; MORRIS, K. S.; MÉNDEZ, V. E. Cultivation of maize landraces by small-scale shade coffee farmers in western el Salvador. **Agricultural Systems**, v. 111, p. 63-74, 2012.

- PATERNIANI, E.; GOODMAN, M. M. **Races of maize in Brazil and adjacent areas.** Mexico: CIMMYT, 1977.
- PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. **Melhoramento de populações.** In: PATERNIANI, E. (Ed.). Melhoramento e produção de milho no Brasil. Piracicaba: ESALQ, 1978. cap. 6, p. 202-246.
- PATERSON, A. H.; LIN, Y. R.; LI, Z.; SCHERTZ, K. F.; DOEBLEY, J. F.; PINSON, S.R.N.; LIU, S.C.; STANSEL, J. W.; IRVINE, J. E. Convergent domestication of cereal crops by independent mutations at corresponding genetic loci. **Science**, v. 269, n. 5231, p. 1714-1718, 1995.
- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. **Melhoramento do milho.** In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 1999. 429-486 p.
- PIPERNO D. R.; FLANNERY, K. V. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 98, n. 4, p. 2101-2103, 2001.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Use of heterosis in maize breeding: history, methods and perspectives. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 2 p. 159-178, 2001.
- RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops.** Ames: Iowa state university of science and technology, cooperative extension service, 1989. (Special Report, 48)
- REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 53.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 36., 2008, Pelotas. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande Sul, 2008/2009.** Pelotas: 09. Embrapa Clima Temperado, 2008. 169 p.
- SHULL, G. H. The composition of a field of maize. **Journal of Heredity**, n. 4, n. 1, p. 296-301. 1908.
- SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F.; BOGO, A.; KOTHE, D. M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.
- STEWART, C. N.; HALFHILL, M. D.; WARWICK, S. I. Transgene introgression from genetically modified crops to their wild relatives. **Nature Genetics**, v. 4, n. 10, p. 806-817, 2003.
- SALA, R. G.; ANDRADE, F. H.; WESTGATE, M. E. Maize kernel moisture at physiological maturity as affected by the source–sink relationship during grain filling. **Crop Science**, v. 47, n. 2, p. 711, 2007.
- STRIEDER, M.L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A.; ENDRIGO, P.C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entre linhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Ciência Rural** v. 37, n. 3, p. 634-642, 2007.
- SA, K. J.; PARK, J. Y.; WOO, S. Y.; RAMEKAR, R. V.; JANG, C. S.; AND LEE, J. K. Mapping of QTL traits in maize using a RIL population derived from a cross of dent maize x waxy maize. **Genes & Genomics**, v. 37, n. 1, p. 1-14, 2015.
- TABA, S. **The future: needs and activities.** In: TABA, S. (Ed.) The CIMMYT maize germplasm bank: genetic resource preservation, regeneration, maintenance, and use. México, 1994. p. 52-59. (Maize program special report).

TIAN, F.; BRADBURY, P. J.; BROWN, P. J.; HUNG, H., SUN, Q.; FLINT-GARCIA, S.; ROCHEFORD, T.R.; MCMULLEN, M.D.; HOLLAND, J.B.; AND BUCKLER, E.S. Genome-wide association study of leaf architecture in the maize nested association mapping population. **Nature Genetetics**, v. 43, p. 159-162, 2011.

VALENTINUZ, O. R.; TOLLENAAR, M. Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. **Crop Science**, v. 44, n. 3, p. 827-834, 2004.

WHITKUS, R.; DOEBLEY, J.; LEE, M. Comparative genome mapping of sorghum and maize. **Genetics**, v. 132, n. 4, p. 1119-1130, 1992.

WILKES, H. G. Mexico and Central America as a center for the origin of agriculture and the evolution of maize. **Crop Improv**, v. 6, n. 1, p. 1-18, 1979.

WILKES, H. G. Teosinte: **the closest relative of maize revisited**. *Maydica*, XXX: p. 209-223, 1985.

XU, W. W.; SLEPPER, D. A.; CHAO, S. Genome mapping of polyploid tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) with RFLP markers. **Theoretical. Applied. Genetics**, v. 91, n. 6-7, p. 947-955, 1995.