

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes



Dissertação

Polinização na Produção de Híbrido Simples de Milho:
Ação de Fatores Edafoclimáticos

Ronald Otto Giorgi Neto

Pelotas, 2017

Ronald Otto Giorgi Neto

**Polinização na Produção de Híbrido Simples de Milho:
Ação de Fatores Edafoclimáticos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob a orientação do Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, para a obtenção do título de Mestre Profissional.

Orientador: Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello

Pelotas, 2017

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

G498p Giorgi Neto, Ronald Otto

Polinização na Produção de Híbrido Simples de Milho:
Ação de Fatores Edafoclimáticos. / Ronald Otto Giorgi Neto
; Geri Eduardo Meneghello, orientador. — Pelotas, 2017.

48 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação
em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de
Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas,
2017.

1. Temperatura. 2. Umidade relativa. 3. Granação de
espiga. 4. Rendimento. I. Meneghello, Geri Eduardo, orient.
II. Título.

CDD : 633.15

Ronald Otto Giorgi Neto

Polinização na Produção de Híbrido Simples de Milho:
Ação de Fatores Edafoclimáticos

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: Março de 2017.

Banca examinadora:

Eng. Agr. Dr. Géri Eduardo Meneghello
(FAEM/UFPEL)

Prof. Dr. Francisco Amaral Vilela
(FAEM/UFPEL)

Prof. Dr. Tiago Pedó
(FAEM/UFPEL)

Drº. André Oliveira de Mendonça
(FAEM/UFPEL)

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por estar sempre presente em minha vida, me acompanhando e dando forças para vencer os obstáculos e desafios.

Aos meus pais Ronald e Solange, e minhas irmãs Mariana e Cássia, que mesmo distantes nunca deixaram faltar muito carinho, amor e apoio diário.

À minha noiva Lucimara, que esteve sempre presente durante todo o período do mestrado, dando força, atenção e amor, nunca mediu esforços para me ajudar, mesmo não sendo da área agrônômica, sempre me incentivando nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, Dr. Géri Eduardo Meneghello, pela orientação, amizade, dedicação e ensinamentos prestados durante a realização deste trabalho, e em sala de aula.

Aos amigos José Agnello e Guilherme Vieira, pelos longos anos de amizade, companheirismo e toda a ajuda na confecção dos gráficos e análises dos dados da dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da UFPEL, pelos valiosos ensinamentos.

Aos amigos do curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da UFPEL, que juntos buscamos o mesmo objetivo.

Aos amigos e colegas de trabalho da Syngenta Seeds Formosa, que me ajudaram de forma direta e indireta pra a realização dessa dissertação.

Resumo

GIORGI NETO, Ronald Otto. **Polinização na Produção de Híbrido Simples de Milho: Ação de Fatores Edafoclimáticos**. 2017. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea cultivada mundialmente, que possui alta adaptação às diversas condições climáticas. O Brasil é o terceiro maior produtor do grão, sendo sua utilização ampla, porém, seu máximo rendimento é dependente de exigências específicas quanto aos aspectos edafoclimáticos. O milho da primeira safra 2016/2017 foi incrementado em área, devido às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da planta, resultando na produção de 29,3 milhões de toneladas. A segunda safra possui estimativa de produção de 59,67 milhões de toneladas cultivadas em 11,25 milhões de hectares. Os híbridos simples de milho, resultantes de cruzamento entre plantas geneticamente distintas e homozigotas, visam à heterose, ao alto vigor e rendimento. O híbrido simples é indicado em sistemas de produção que utilizem alta tecnologia, pois possui alto potencial produtivo. É mais caro, mas apresenta genética favorável à uniformidade. Pode apresentar desvantagens em ambiente em que ocorram estresses bióticos ou abióticos. Este trabalho objetivou determinar a influência dos fatores edafoclimáticos na polinização de campos de produção de um híbrido simples de milho, na safra 2016/2017, na região de Formosa, Goiás, em diferentes altitudes. As informações disponibilizadas serão úteis para o adequado posicionamento nas diferentes regiões e condições edafoclimáticas, como forma de obter estabilidade e maximizar a produtividade da cultura. Para este estudo, foram avaliadas 3 altitudes: **Baixo** (Campos com altitudes menores que 700 metros), **Transição** (campos com altitudes entre 700 e 1000 metros) e **Alto** (campos com altitudes superiores a 1000 metros). Após a coleta dos dados das avaliações de polinização, foram confeccionados gráficos visando mostrar a curva de polinização por campo nas diferentes altitudes, visando-se observar o desenvolvimento e evolução da porcentagem de estigmas receptíveis das fêmeas e polinização do macho de primeiro e segundo semeio. A produtividade final em kg ha⁻¹ foi determinada após colheita total do campo, debulha e secagem a 13% de umidade. O gráfico de polinização dos campos demonstram alto rendimento e índice de granação. A menor UR relativa encontrada no período de polinização foi de 29% e a temperatura máxima não ultrapassou os 30°C.

Palavras-chave: Temperatura, umidade relativa, granação de espiga, rendimento.

Abstract

GIORGI NETO, Ronald Otto. Pollination in Simple Corn Hybrid Production: Action of **Edaphoclimatic Factors**. 2017. 47f. Thesis (Master in Seeds Science and Technology) – Graduate Program in Seeds Science and Technology, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2017.

Corn (*Zea mays* L.) is a worldwide-cultivated grass, which has high adaptation to the diverse climatic conditions. Brazil is the third largest producer of grain, and its wide use, however, its maximum yield is dependent on specific requirements regarding edaphic and climatic aspects. Maize from the first 2016/2017 crop was increased in area due to the favorable climatic conditions of the plant, resulting in a production of 29.3 million tons. The second harvest has a production estimate of 59.67 million tons grown on 11.25 million hectares. The simple hybrids of corn, resulting from crossing between genetically distinct and homozygous plants, aim at heterosis and at high vigor and yield. The simple hybrid is indicated in systems of production that use high technology, because it has high productive potential. It is more expensive, but exhibits genetics favorable for uniformity. It can present disadvantages when the environment causes biotic or abiotic stresses. This work aimed to determine the influence of edaphoclimatic factors on pollination of production fields of a simple corn hybrid, in the 2016/2017 crop, in the Formosa, Goiás region, at different altitudes. The information provided will be useful for the proper positioning in different regions and soil and climatic conditions, as a way to obtain stability and maximize crop productivity. The data of the work were extracted from fields of production of simple hybrid corn, in the region of Formosa - GO, crop 16-17. For this study, 3 altitudes were evaluated: Low (Fields with altitudes less than 700 meters), Transition (fields with altitudes between 700 and 1000 meters) and High (fields with altitudes above 1000 meters). After the data collection of the pollination evaluations, graphs were prepared to show the field pollination curve at different altitudes, where the development and evolution of the percentage of stigmata receptacles of the females and pollination of the male of the first and second sowing were observed. The final yield in kg ha⁻¹ was determined after field harvesting, threshing and drying at 13% moisture. The field pollination plot shows high yield and granulation index. The lowest relative RH found in the pollination period was 29% and the maximum temperature did not exceed 30 ° C.

Key words: Temperature, relative humidity, ear granulation, productivity.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Índices de granação e produtividade (kg ha ⁻¹) dos híbridos dos campos em diferentes altitudes.	35
--	----

Lista de Figuras

- Figura 1** - Disposição de um bloco avaliado, configurando duas linhas de macho e quatro linhas de fêmea genitora em campo de produção de híbrido simples, na região de Formosa, Goiás.31
- Figura 2** – Despendoamento realizado na linha da genitora fêmea, em campo de produção de híbrido simples, na região de Formosa, Goiás.....32
- Figura 3** - Índice de granação decrescente, influenciado pelo processo de polinização nos campos de produção de milho híbrido simples, sendo a espiga 1 mal granada e a espiga 5, considerada ideal em termos de granação.34
- Figura 4** – Temperaturas e umidades relativas mínima, média e máxima, dos três campos classificados como Baixo, inferior a 695 metros de altitude, no período de polinização do híbrido simples.....36
- Figura 5** - Curva de polinização do Campo A, classificado como baixo, 680 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de plantas com estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas (porcentagem de pólen), com Split de plantio.37
- Figura 6** - Curva de polinização do Campo B, classificado como baixo, 685 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas (porcentagem de pólen), com Split de plantio.38
- Figura 7** - Curva de polinização do Campo C, classificado como baixo, 690 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas (porcentagem de pólen), com Split de plantio.39
- Figura 8** - Temperaturas e umidades relativas mínima, média e máxima, dos três campos de altitude de Transição, entre 828 a 854 metros de altitude, no período de polinização do híbrido simples.....40
- Figura 9** - Curva de polinização do Campo D, classificado como de transição, 854 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de plantio.41
- Figura 10** - Curva de polinização do Campo E, classificado como de transição, 833 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de plantio.42

- Figura 11** - Curva de polinização do Campo F, classificado como de transição, 828 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de plantio.43
- Figura 12** - Temperaturas e umidades relativas mínima, média e máxima, dos três campos classificados como Alto, entre 1061 a 1175 metros de altitude, no período de polinização do híbrido simples.43
- Figura 13** - Curva de polinização do Campo G, classificado como Alto, 1142 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de plantio.44
- Figura 14** - Curva de polinização do Campo H, classificado como Alto, 1061 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de plantio.45
- Figura 15** - Curva de polinização do Campo I, classificado como Alto, 1175 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de plantio.46

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1. Milho.....	17
2.2. Fenologia da Planta de Milho	19
2.3. Zoneamento Agroclimático para a Cultura do Milho.....	21
2.4. Influência dos Fatores Edafoclimáticos na Produtividade do Cultivo de Milho	22
2.5. Produção de Sementes de Milho.....	25
2.6. Polinização em Sementes de Milho.....	26
2.6.1. Split e Época de Semeadura dos Genitores.....	27
2.6.2. Viabilidade do Pólen.....	28
2.6.3. Importância do Estigma Receptível e Não Desidratado	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea cultivada globalmente, que possui alta adaptação às diversas condições climáticas. O Brasil é o terceiro maior produtor do grão, sendo sua utilização ampla, tanto na indústria e produção de energia, como para alimentação humana e animal. Porém, seu máximo rendimento é dependente de exigências específicas quanto aos aspectos edafoclimáticas (SOUZA et al., 2013).

A área cultivada com milho da primeira safra 2016/2017 apresentou incremento em relação à safra passada, devido às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da planta, resultando na produção de 29,3 milhões de toneladas. A segunda safra possui estimativa de produção de 59,67 milhões de toneladas cultivadas em 11,25 milhões de hectares (CONAB, 2017).

Devido à sua grande importância econômica, e, como a interação genótipo e ambiente afeta o rendimento do grão, há híbridos desenvolvidos e estáveis ou mais adaptados, para cada uma das altitudes de cultivo, de acordo com a condição climática, que é determinante na incidência de doenças, sendo que a época de semeadura deve ser seguida criteriosamente (SHIOGA et al., 2015).

Os programas de melhoramento genético iniciaram o cruzamento de linhagens oriundas de seis a oito gerações seguintes obtidas por autofecundação, também denominadas linhas puras, as quais fixaram características agrônomicas importantes, em prol da promoção da heterose, possibilitando, desta forma, maiores produtividades (SOUZA et al., 2013).

As variedades ou cultivares de polinização aberta são obtidas pela polinização de um grupo de plantas selecionadas, configurando-se como heterozigóticos e heterogêneos, com maior estabilidade produtiva e variabilidade genética, porém, com menor produtividade a partir de baixa heterose. Desta forma, os híbridos simples de milho, resultantes de cruzamento entre plantas geneticamente distintas e homozigotas, visam à heterose e ao alto vigor e rendimento. O híbrido simples é indicado em sistemas de produção que utilizem alta tecnologia, pois possui alto potencial produtivo. O custo das sementes é maior, mas apresenta genética favorável e com grande uniformidade. Pode apresentar desvantagens em ambientes em que ocorram estresses bióticos ou abióticos (MACHADO et al., 2008).

Este trabalho objetivou avaliar a influência dos fatores edafoclimáticos na polinização de campos de produção de um híbrido simples de milho, na safra 2016/2017, na região de Formosa, Goiás, em diferentes altitudes. As informações disponibilizadas serão úteis para o adequado posicionamento nas diferentes regiões e condições edafoclimáticas, como forma de obter estabilidade e maximizar a produtividade da cultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Milho

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado praticamente no mundo todo, sendo originário de regiões tropicais, como o México e a América Central, cujo ancestral, o Teosinte (*Zea mexicana* L.), possui os primeiros registros históricos datado de 7.000 a.C. O homem domesticou a planta por seleção visual, visando melhores produtividades, resistência a doenças e capacidade de adaptação (CIB, 2006).

É uma planta pertencente à ordem Graminae, família Poaceae, gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L., do tipo C4, que possui alta adaptação às diversas condições climáticas. Sua máxima produção depende de temperaturas de 10 a 30 °C, incidência de radiação, entre 400 a 700 nanômetros de comprimento de onda, e disponibilidade hídrica adequada (SOUZA et al., 2013).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, sendo que é um dos cereais mais consumidos e utilizados, tanto para a alimentação humana quanto animal, além de ser matéria-prima na indústria (CRUZ et al., 2011). O milho da primeira safra 2016/2017, cultivado em diferentes épocas e em diferentes regiões do país, foi incrementado em área, devido às condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da planta, resultando na produção de 29,3 milhões de toneladas. A segunda safra possui estimativa de produção de 59,67 milhões de toneladas cultivadas em 11,25 milhões de hectares. Os aspectos edafoclimáticos favoráveis viabilizam o manejo tecnificado, e, por sua vez, evitam a perda de área para o cultivo da soja. Além disto, para o milho primeira safra, produtividades altas foram obtidas devido às boas condições climáticas, sendo que o total da área plantada cultivada 5.520 mil hectares, contra 5.387,7 mil observado na safra anterior. O maior incremento de área cultivada, 9,4% em relação à safra passada, foi obtido na Região Centro-Oeste, sendo que Goiás foi o principal produtor regional, 260 mil hectares de área. As boas condições climáticas ocasionaram uma produtividade de 8.000 kg ha⁻¹, com aumento de 2,6% em relação à safra anterior (CONAB, 2017).

Segundo Cruz (2011), precipitação pluvial, temperatura e intensidade luminosa influenciam na produção de grãos e matéria seca da cultura. A altitude interfere na temperatura, e, conseqüentemente, fotossíntese e respiração são processos afetados. No país, maior número de dias para o pendoamento e para o enchimento

de grãos é observado no milho plantado em maiores altitudes, nas quais há temperaturas máximas próximas da temperatura ótima, o que aumenta o ciclo e o rendimento do grão. Nestas maiores altitudes, as menores temperaturas noturnas promovem menor taxa de respiração e redução do ponto de compensação, que é o ponto em que a respiração e a fotossíntese são iguais, aumentando a produtividade.

O acúmulo da quantidade de calor ou índice graus-dias, considera a soma das temperaturas diárias acima da temperatura base para o desenvolvimento da cultura, de 8 a 10°C, observada a relação direta da temperatura com a produção vegetal, pois cada aspecto fisiológico do ciclo de vida da planta requer o acúmulo de uma quantidade de calor. Assim, para o florescimento ser iniciado, não há dependência dos dias após o cultivo, mas da temperatura ou soma térmica do período entre emergência e florescimento (CRUZ et al., 2011).

A interação genótipo e ambiente proporciona variadas expressões do caráter da cultivar de milho, independente da finalidade, seja para grãos, silagem, milho verde ou semente. A cultivar também deverá estar adaptada à região de estabelecimento da lavoura. Há híbridos desenvolvidos e estáveis, ou mais adaptados, para cada uma das altitudes de cultivo, de acordo com a condição climática, que é determinante na incidência de doenças. Assim, a época de semeio deve ser seguida criteriosamente, sendo que as cultivares mais precoces são melhores adaptadas aos semeios do início da safra, e as de ciclo mais longo, devem ser plantadas tardiamente, devido à somatória calórica mais elevada (SHIOGA et al., 2015).

Os programas de melhoramento genético iniciaram o cruzamento de linhagens oriundas de seis a oito gerações seguintes obtidas por autofecundação, também denominadas linhas puras, as quais fixaram características agronômicas importantes, em prol da promoção da heterose ou vigor híbrido, possibilitando a introdução de novas características ao milho híbrido resultante. O híbrido simples é proveniente do cruzamento de duas linhas puras; um híbrido triplo é originário do cruzamento de uma linha pura com um híbrido simples; e, por fim, o cruzamento de dois híbridos simples produz um híbrido duplo (SOUZA et al., 2013).

2.2 Fenologia da Planta de Milho

A fim de maximizar o rendimento do milho, o conhecimento de seus estádios fenológicos é de primordial importância. Seu cultivo deve ser realizado em regiões que possuam precipitação da ordem de 300 a 5.000 mm anuais, e o estresse hídrico poderá causar perdas de produtividade, principalmente em seu estágio de florescimento (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O número de plantas por hectare é definido na fase de semeio, caracterizando a germinação e emergência da cultura, que se inicia entre 4 e 5 dias. A região entre a semente e o primeiro nó ou mesocótilo emerge, sendo que a temperatura do solo e a quantidade de água são determinantes neste primeiro estágio (MAGALHÃES et al., 2002).

O milho possui ciclo anual, sendo que o estágio vegetativo é considerado da emergência (Ve) até o pendoamento (VT), e o reprodutivo, do embonecamento (R1) à maturidade fisiológica (R5). Normalmente, no estágio vegetativo, o número após o V representa o número de folhas desenvolvidas. Desta forma, V2 é o estágio que se refere a dois pares de folhas desenvolvidas no estágio vegetativo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O estágio vegetativo que configura o milho de três folhas completamente desenvolvidas (V3) a cinco folhas completamente desenvolvidas (V5) reside no fato do crescimento da planta ainda ocorrer abaixo do nível do solo. Nesta fase, folhas, pendão e espigas estão sendo definidas, bem como o potencial produtivo da planta (MAGALHÃES et al., 2002).

O ponto de crescimento e o pendão já estarão acima da superfície do solo no estágio de V6 a V8, cujo estágio também indicará um sistema radicular bem desenvolvido, além de possibilidade de perfilhos surgirem, de acordo com a genética do híbrido e com as condições do ambiente (MAGALHÃES et al., 1995).

Em V9 a V10 as espigas já serão visíveis, podendo ser produzidas em cada nó da planta, exceto nos últimos, 6 a 8, abaixo do pendão, apesar de apenas uma a duas se desenvolverão por planta (MAGALHÃES et al., 2002).

De V12 a V17 há um risco para a produção, pois o número de grãos em potencial em cada espiga e seu tamanho são definidos, caracterizando perda de duas a quatro folhas da base. Deficiência de nutrientes ou umidade caracterizam problemas de produtividade nesta fase. As raízes adventícias também são formadas em V12, e

em V17 os estilos-estigmas iniciam seu crescimento. Híbridos de ciclo mais precoce possuem reduzido tempo para estabelecimento do número de grãos e tamanho da espiga e, geralmente, apresentam espigas menores que os híbridos mais tardios, sendo que o aumento da densidade de semeio pode ser uma alternativa para compensação. A produção de grãos poderá ser ameaçada por estresses hídricos, deficiências nutricionais, altas temperaturas ou granizo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A planta estará praticamente a uma semana do florescimento em V18. Caso haja déficit hídrico, o desenvolvimento do óvulo será muito afetado, atrasando também a emissão dos estilos-estigmas até a liberação do pólen (MAGALHÃES et al., 2002).

O VT, estágio de pendramento, caracterizará a visibilidade da inflorescência masculina ou pendão, e o pólen será liberado de uma a duas semanas, em períodos de temperaturas amenas, sendo que cada estilo-estigma fecundado originará um grão. A remoção de folhas ocasionará perdas na colheita, e estresses adversos poderão reduzir o rendimento (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O estágio R1 configurará o embonecamento e polinização, sendo que se houver estresse hídrico haverá mal granação da espiga, e a absorção de potássio estará completa. O grão de pólen permanece viável por 24 horas sob condições favoráveis. A fertilização do óvulo pelo grão de pólen pode acontecer de 12 a 36 horas após a polinização, e depende do teor de água, da temperatura do ar, do comprimento do estilo-estigma e do ponto de contato, o que torna essencial a assertiva escolha do híbrido a ser plantado e de sua época de semeadura (MAGALHÃES et al., 2002).

Em R2 os grãos estarão brancos externamente, apresentando acúmulo de amido e matéria seca, e a espiga atingirá seu tamanho máximo, e os estilos-estigmas secarão. Nitrogênio e fósforo continuam sendo absorvidos e translocados para a espiga. Em R3, entre 12 a 15 dias após a polinização, observam-se grãos leitosos, sendo que a planta definirá a densidade de grãos neste estágio. Em R4 observam-se os grãos pastosos, 20 a 25 dias após a emissão dos estilo-estigmas. A sanidade da folha ou extensão de área foliar é importante para o rendimento de grãos. Em R5, 36 dias após a polinização, caracterizam-se grãos em transição para um aspecto farináceo, cuja diferenciação do aspecto de maturação pode ser observada a partir da formação de uma concavidade denominada dente, que não é formado em alguns genótipos. A camada preta, que é a obstrução dos vasos por onde se rompe o elo de

ligação do fruto e da planta originária, será a indicadora da maturidade fisiológica do grão (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Em R6 haverá a maturidade fisiológica, geralmente de 30 a 38% de umidade de acordo com o híbrido, com todos os grãos em seu máximo peso seco e vigor, o que ocorre de 50 a 60 dias após a polinização, e a camada preta já estará formada, da ponta da espiga para a base. O ponto ideal para a colheita em espiga é de aproximadamente 30 a 33% de umidade, próximo ao ponto de maturidade fisiológica, de 35%, para que a germinação mínima de 90% seja assegurada. Com a colheita em espiga, as sementes redondas e chatas apresentam a mesma qualidade fisiológica (MAGALHÃES et al., 2002).

2.3 Zoneamento Agroclimático para a Cultura do Milho

A técnica do zoneamento agrícola de risco climático abrange o cultivo de milho e visa potencializar o rendimento da cultura, a partir do planejamento adequado antes do estabelecimento de acordo com os aspectos edafoclimáticos (MALDANER et al., 2014).

Umidade do solo, temperatura, radiação solar e fotoperíodo se relacionam à época de semeio, sendo que a mais adequada é a que coincide o período de floração com dias mais longos do ano, e o período de enchimento de grãos com temperaturas mais elevadas e disponibilidade alta de radiação solar, além de boas condições de água no solo. Normalmente, a distribuição das chuvas é que determina a melhor época de semeadura. A época do semeio afeta o rendimento final, sendo que a perda por semeio em época inapropriada pode ser de até 30 Kg ha⁻¹ dia⁻¹ (COELHO et al., 2004). No zoneamento agroclimático leva-se em conta o coeficiente de cultura, a evapotranspiração potencial, a precipitação pluvial, a temperatura, o ciclo e a fase fenológica da cultura, e a disponibilidade máxima de água no solo (BRASIL, 2013).

2.4 Influência dos Fatores Edafoclimáticos na Produtividade do Cultivo de Milho

A variabilidade do milho atua em prol de selecionar híbridos mais produtivos, que possam superar as limitações ocasionadas pelas adversidades edafoclimáticas ou abióticas, como radiação, temperatura, escassez de água e nutrientes, e bióticos, tais como pragas e doenças (DURÃES et al., 2004).

Em regiões tropicais baixas, de 0 a 700 m acima do nível do mar, as condições de temperatura, radiação e umidade limitam o desenvolvimento do milho, pela baixa capacidade do grão-dreno acumular fotoassimilados, e, desta forma, altos rendimentos podem ser verificados em maiores altitudes, em torno de 1500 m (DURÃES, 2006).

O milho é uma planta com metabolismo C4, eficiente na conversão de energia luminosa em matéria seca do grão, sendo que o genótipo é responsável pelo melhor desempenho, em termos de tamanho, peso e números de grãos por unidade de área e tamanho e peso de grão. O número de grãos por área, em termos de fonte-dreno, é medido pelo peso seco total no florescimento, que depende da fase de desenvolvimento da espiga, do índice de área foliar, do arranjo de folhas e da máxima taxa fotossintética foliar; pela partição para peso seco da espiga, que depende da redução em colo, folha e pendão, e quantidade de matéria seca; e pela fertilidade de grãos ou óvulos potenciais, que, por sua vez, depende da esterilidade, prolificidade e aborto de grãos (DURÃES et al., 2004).

Já o tamanho do grão depende da duração efetiva do enchimento de grãos, finalizada pela formação da camada preta (PMF); e pela taxa de enchimento do grão, que é influenciada pelo dreno-grão individual, pela duração da área foliar ativa, pelo arranjo foliar, pela taxa fotossintética foliar, e pela redistribuição (DURÃES et al., 2005).

O decréscimo no rendimento deve influenciar as melhorias genéticas, a partir de alguns estudos fisiológicos, tais como análise de crescimento da planta em função da área foliar e da estrutura do dossel; da taxa de assimilação pelo estudo de trocas gasosas ou influência do aumento da respiração; limitações produzidas por estômatos e a redução da taxa de fotossíntese foliar; e a influência do transporte no processo fotossintético a partir do efeito bioquímico do metabolismo do carbono (DURÃES et al., 2004).

A característica superfície foliar do genótipo pode influenciar mais que a temperatura no número de óvulos inicial, sendo que em cultivares de milho tropical, o período de fertilização e acúmulo de matéria seca no grão varia de 12 a 20 dias, diferentemente para grãos pequenos, como o trigo, que dura até 7 dias (DURÃES, 2006).

Os grãos mais jovens, posicionados na parte de cima do sabugo, e por conterem alta concentração de açúcares solúveis, podem abortar, visto o acúmulo de matéria seca pelos grãos mais velhos abaixo. Já o aborto da espiga, em plantas prolíficas que produzem mais de uma, se correlaciona à competição intraplanta por fotoassimilados. Baixos rendimentos também estão relacionados às adversidades do ambiente e ao manejo de condução da cultura (DURÃES et al., 2005).

Acúmulo de matéria seca durante o enchimento e, portanto, rendimentos de grãos por planta, é menor sob altas temperaturas, ou por medidas indevidas em dias ou acumulação de unidades de calor. Em regiões tropicais, com menor variação de temperatura, a umidade ou disponibilidade de água no solo, principalmente antes do pendoamento, pode influenciar negativamente a produtividade. Semeaduras tardias promovem maior taxa de crescimento e maior matéria seca acumulada no espigamento. Em semeios precoces há menor eficiência na conversão de massa acumulada até o espigamento em maior número de grãos (DURÃES, 2006).

Geralmente, os maiores rendimentos são obtidos na região Sul, em genótipos com grupos de maturidade precoce a super precoce, e diferenciando os híbridos simples e triplos. A produtividade pode ser influenciada por fatores ambientais primários, de ação indireta (composição e textura do solo, latitude, altitude, chuva, topografia), e pelos secundários, de ação direta (minerais do solo, aeração do solo, temperatura, radiação solar, comprimento do dia), que afetam os aspectos fisiológicos, como fotossíntese, crescimento, floração, balanço hídrico, respiração e absorção de nutrientes. Temperatura e radiação solar são influenciados pela altitude, sendo que as interações genótipo e ambiente interfere diretamente nas limitações de produtividade do milho (DURÃES et al., 2004).

2.4.1 Temperatura

A planta de milho possui uma constante térmica em torno de 900 °C, que será a temperatura acumulada que iniciará o processo de polinização. Os graus-dias são

divididos em super-precoces, se as cultivares necessitam de 780 a 830 GD; em precoces, com 831 a 890 GD; e tardias, de 891 a 1.200 GD (FANCELLI et al., 2000).

Temperatura é o fator que mais influencia a taxa de desenvolvimento da planta, sendo a temperatura mínima de cultivo entre 0 e 10 °C, a temperatura ótima de cerca de 30 °C, e a máxima de 45 °C. Acima de 35 °C por mais de três horas pode ocasionar desnaturação proteica dos grãos, diminuindo a atividade da redutase do nitrato, que, por sua vez, interfere na concentração de nitrogênio disponível para a planta. Também promove aumento da respiração, o que afeta diretamente a produção. Temperaturas noturnas acima de 24 °C ocasionam altos gastos energéticos, com aumento de respiração e de fotoassimilados, promovendo redução no rendimento em grãos. Temperaturas diurnas elevadas incrementam na taxa fotossintética, dentre 28 a 32 °C, e temperaturas noturnas amenas, de 18 a 20 °C, podem prolongar o período de crescimento. A temperatura do ar quantifica o desenvolvimento da cultura para a temperatura e, diferenças entre o ponto de crescimento por temperatura e temperatura do ar pode ser amplo em dois casos: quando o ponto de crescimento está abaixo ou próximo da superfície do solo, e o solo está úmido e frio; e quando há uma alta taxa de evapotranspiração no ponto de crescimento, o que ocasiona baixa temperatura no tecido da planta (DURÃES et al., 2005).

2.4.2 Deficiência Hídrica

As perdas de produção são maiores em áreas afetadas pela seca, sendo que a cultura requer alta disponibilidade de água, com precipitação pluvial anual de 500 mm a 800 mm, e temperatura, que variam com umidade e clima. A condição para que haja germinação requer solo úmido, e o florescimento e o enchimento de grãos são as duas fases mais críticas quanto à disposição de água. Três a cinco dias antes da antese e polinização, a transferência de pólen é suportada por umidade, e a falta deste recurso prejudica seriamente o rendimento, dependendo da intensidade e da capacidade genética da planta em responder aos estresses hídricos. O nível de CO₂, a radiação solar, a temperatura e a umidade relativa do ar influenciam esta adaptação da planta às adversidades ambientais. O déficit hídrico promove redução de área foliar, fechamento dos estômatos e abscisão das folhas, além de aceleração da senescência (DURÃES et al., 2004).

A distribuição de chuvas é afetada pelos fenômenos El Niño e La Niña, sendo que o El Niño causa aumento das temperaturas médias e da pluviometria, e o La Niña causa longos períodos de seca. A irrigação pode incrementar o rendimento de plantas de milho em até 70% (MALDANER et al., 2014).

2.4.3 Radiação Solar

A eficiência na produção é influenciada pelo acúmulo de massa de matéria seca e a radiação interceptada pela planta. O processo de fotossíntese requer energia dos cloroplastos na forma de ATP e NADPH para conversão em energia química, e em torno de 78,5% do rendimento é dependente da radiação luminosa, sendo crucial para o desenvolvimento da planta de milho. Cerca de 90% da matéria seca é fornecida pela fixação de dióxido de carbono, e o máximo aproveitamento ocorre no enchimento de grãos ou no pré-florescimento. A arquitetura do dossel influencia a recepção da luz, e plantas eretas permitem maior produtividade, sendo que plantas com folhas pendidas possuem taxas de assimilação menores (MALDANER et al., 2014).

2.5 Produção de Sementes de Milho

As plantas de sementes provenientes de um híbrido, quando polinizadas naturalmente, e ao acaso, deixam de produzir 48% de híbridos simples, 36% de híbridos triplos, e cerca de 26% de híbridos duplos; o que indica a necessidade de aquisição de novas sementes para a semeadura. A produção de sementes é regulamentada para que os produtores apenas adquiram cultivares com pureza varietal certificada (RAMALHO et al., 2001).

O milho, por ter alta importância econômica e ser uma planta monóica, é muito utilizado para a produção de híbridos. A planta de milho é considerada alógama, isto é, a polinização é preferencialmente cruzada, em uma porcentagem acima de 95%, sendo que o pólen de uma planta deve fecundar os estilos-estigmas de outra. Assim, a produção de sementes começa pela sementes genética proveniente de instituições com melhoristas. As sementes genéticas multiplicadas mantêm os estoques genéticos, que, por sua vez, produzem as sementes básicas para multiplicação, iniciando, desta forma, a produção de sementes comerciais (BORÉM, 1997).

O processo de formação de híbridos se inicia pelo semeio de linhagens em campos isolados, que, quando ampliadas, cada par de linhagens produzirá um híbrido simples, na proporção 1:3, 4:2, 6:2, 6:1, 8:2, essa proporção varia de acordo com a capacidade de polinização e volume de pólen do parental macho. Cada híbrido simples é produzido isoladamente, para evitar contaminação.

O despendoamento, é a retirada da parte masculina da planta, o pendão, é realizado nas plantas femininas, e os estilo-estigmas somente receberão o pólen proveniente das plantas da linhagem masculina escolhida (RAMALHO et al., 2001).

Por causa da diferença genética entre os genitores, o híbrido apresentará muitas características em heterozigose, resultando em heterose. Os passos para a formação de híbridos serão: obtenção de linhagens endogâmicas, pois como as linhas parentais são homozigotas, as plantas híbridas da geração F1 serão uniformes e idênticas no genótipo; teste de capacidade de combinação das linhagens; avaliação das combinações híbridas para produtividade e outros caracteres; produção de grandes quantidades de semente híbrida para distribuição para os agricultores (BORÉM, 1997).

O híbrido simples pode apresentar problemas quando o ambiente promover estresses bióticos e abióticos, além de ser caro para aquisição, porém, é indicado em sistemas de produção que utilizem alta tecnologia, visando ao alto rendimento, por ter alto potencial produtivo (MACHADO et al., 2008).

2.6 Polinização em Sementes de Milho

Na produção de sementes, a linha masculina polinizadora deverá garantir a adequada fertilização das espigas do híbrido simples a partir de boa produção de pólen. Como a planta do milho é considerada alógama, é fecundada a partir de polinização cruzada, o vento pode contaminar um campo de produção nas fases de obtenção da linhagem pura ou de híbridos. Barreiras quebra-ventos podem dificultar tal contaminação, além da distância de isolamento de 400 metros que deve ser respeitada, a semeadura correta, a disponibilidade hídrica, e outras práticas, se fazem essenciais para a manutenção de um campo de produção de híbridos. O híbrido simples possui maior participação no país, sendo que as sementes de milho híbrido representam mais de 70% nos cultivos (MARTIN et al., 2007).

O pendão do milho é formado pelo ráquis com espiguetas dispostas em pares, alternadas, protegidas por um par de brácteas em forma de bainha, que envolve duas pequenas flores. O grão de pólen se origina no estame diferenciado a partir dessas flores. O florescimento, de acordo com a cultivar, é a etapa onde os grãos de pólen, aproximadamente 2500 por antera, estão em anteras maduras. O pólen pode ser transportado pelo vento para outras plantas, assegurando a polinização cruzada. A duração da liberação do pólen pode durar por mais de uma semana, sendo que a dispersão do pólen ocorre até três dias antes da emergência dos estilos-estigmas, e a liberação do pólen, bem como a fertilização, depende da temperatura e umidade, e da genética da planta. O pólen de milho é trinuclear, e sua armazenagem é difícil de ser realizada objetivando-se manutenção de sua viabilidade, principalmente devido ao teor de água do pólen, à temperatura e à umidade relativa do ar (ALMEIDA et al., 2011).

A polinização, que ocorre de dois a três dias, é o fenômeno de captura grãos de pólen pelos estilos-estigmas. Estes grãos percorrem o tubo polínico e fertilizam o óvulo em até 36 horas da polinização, dependendo do teor de água, da temperatura, do ponto de contato e do comprimento dos estilos-estigmas. Óvulos não fertilizados não produzem grãos, o que pode ocorrer pela desidratação dos estilos-estigmas, ou por baixa porcentagem de polinização e granação da espiga, promovidos por estresses ambientais, tais como o hídrico. O grão de pólen pode permanecer viável por até 24 horas, porém, sua longevidade pode ser reduzida por baixa umidade relativa e altas temperaturas. A maior redução na produção será ocasionada pelo déficit hídrico e nutricional no período de emissão dos estilos-estigmas, ou por incidência de alta temperatura ou granizo. Portanto, boa quantidade e viabilidade do pólen, bom sincronismo, receptividade dos estilos-estigmas, qualidade nutricional das plantas, condição climática favorável, entre outros promovem boa polinização (KOSHIMA, 2009).

2.6.1 Split e Época de Semeadura dos Genitores

“Split” ou sincronia de semeadura é uma técnica utilizada na semeadura de parentais de diferentes ciclos em épocas distintas para que haja o sincronismo no florescimento, principalmente para a produção de híbridos (TIMÓTEO et al., 2010).

De acordo com o ciclo de florescimento dos parentais masculino e feminino em campos de produção de híbridos, as épocas de semeio destas linhas podem variar, para que a polinização do progenitor macho, que deverá ter boa produção de pólen e capacidade adequada de polinização, coincida com a emissão dos estilos-estigmas da genitora fêmea, cujos pendões serão removidos antes do processo de polinização se iniciar (BERGONCI et al., 2001).

A capacidade de polinização do material genético é determinante para o semeio do número de fileiras de plantas genitoras, femininas e masculinas. Deverá ser ajustado o momento do florescimento na semeadura, bem como o desbaste ou ressemeadura, garantindo a uniformidade durante o florescimento. A profundidade de semeadura deve variar de 3 a 5 cm. A proporção de linhas masculinas e femininas deve ser baseada na capacidade produtiva de pólen do progenitor masculino (KOSHIMA, 2009).

Outros cuidados indicam o uso de duas semeadoras diferentes para a semeadura das fileiras masculinas e femininas, com velocidade de semeadura ajustada para que não haja falhas, e cujo momento de semeio considere o solo adequadamente úmido (MAGALHÃES; DURÃES, 2009).

As condições climáticas favoráveis à obtenção de uma boa produtividade indicam a melhor época de semeadura, cujo semeio deve ser realizado no início do período indicado por região, objetivando reduzir estresses bióticos e abióticos (COBRA, 2014).

Aproximadamente 2,5 milhões de grãos de pólen são observados em um pendão de milho, e, em condições normais, sempre haverá a fecundação, desde que haja de 750 a 1000 óvulos. Porém, a perda do sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilos-estigmas da espiga promoverá a ausência de grãos, principalmente na extremidade da espiga. Estresses hídricos e temperaturas elevadas, acima de 35 °C, podem reduzir o rendimento da cultura (MAGALHÃES; DURÃES, 2009).

2.6.2 Viabilidade do Pólen

A quantidade, qualidade e viabilidade do pólen produzido podem ser comprometidas por fatores ambientais. A dispersão do pólen ocorre entre 2 e 3 dias antes da emergência dos estigmas, favorecendo a polinização cruzada, sendo que a

polinização se inicia ao nascer do sol, e pode ser liberado de uma a duas semanas, dependendo da efetividade de liberação (ALMEIDA et al., 2011).

O pólen trinucleado do milho é sensível à desidratação, pois o mesmo possui uma membrana muito fina. O grão de pólen pode permanecer viável por até 24 horas, porém, sua longevidade pode ser minimizada ao ser submetido à baixa umidade e altas temperaturas (KOSHIMA, 2009).

Baixas temperaturas reduzem o metabolismo do pólen, porém, altas temperaturas, reduzem sua viabilidade. A nutrição mineral da planta durante o desenvolvimento do pólen também afeta a viabilidade e longevidade deste, e até promove produção anormal de pólen. Deficiência de molibdênio pode estar relacionada à redução na viabilidade do pólen. A redução do teor de água próxima de 10% permite a manutenção de sua viabilidade, quando do armazenamento, pois evita que cristais de gelo sejam formados durante o congelamento, os quais rompem a membrana celular e destroem o pólen (MAGALHÃES; DURÃES, 2009).

2.6.3 Importância do Estigma Receptível e não Desidratado

O estágio R1 inicia-se quando os estilos-estigmas estão visíveis, e crescem em torno de 4 cm por dia, alongando-se para serem fertilizados. A receptividade de uma espiga ocorre quando os estilos-estigmas são liberados da palha, cuja polinização é viabilizada em até três dias após essa liberação, permanecendo receptivos ao pólen até 8 dias (ALMEIDA et al., 2011).

Estresses hídricos promovem baixa polinização e granação, principalmente no período de emissão dos estilos-estigmas. Deficiência nutricional, alta temperatura ou granizo também interferem no processo de polinização, sendo a irrigação essencial no período de quatro semanas em torno do florescimento (BERGONCI et al., 2001).

A polinização manual infere a proteção dos estilos-estigmas com envelopes de polietileno, por estes serem mais resistentes a umidade, além de permitirem melhor expansão da espiga durante o crescimento, além de possibilitarem o florescimento e serem de custo reduzido. A impermeabilidade deste envelope pode elevar a temperatura no seu interior, ocasionando a desidratação e degradação dos estilos-estigmas, sendo que esta degeneração compromete o rendimento. (CLEMENTE et al., 2016).

Em condições climáticas favoráveis, os estilos-estigmas permanecem receptivos por até 8 dias após o florescimento, sendo que condições de estresse hídrico e térmico, alta densidade populacional e deficiências nutricionais comprometem o processo. Desta maneira, o número de óvulos fertilizados ou produtividade depende do estado nutricional da planta, das condições climáticas, tais como a temperatura e umidade, que interferem na época adequada de semeadura (MAGALHÃES; DURÃES, 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados do trabalho foram obtidos de campos de produção de semente de milho híbrido simples, na região de Formosa - GO, safra 2016-2017.

Para este estudo, foram avaliadas 3 faixas de altitude: **Baixo** (Campos com altitudes menores que 700 metros), **Transição** (campos com altitudes entre 700 e 1000 metros) e **Alto** (campos com altitudes superiores a 1000 metros).

Foram selecionados três campos na mesma fazenda por faixa de altitude, todos com o mesmo material, na proporção de 4:2, sendo quatro linhas do parental fêmea e duas linhas do parental macho, com semeadura em dias diferentes ($\frac{3}{4}$ Ve e $\frac{1}{2}$ V1), para obter coincidência na polinização dos parentais. (Figura 1).

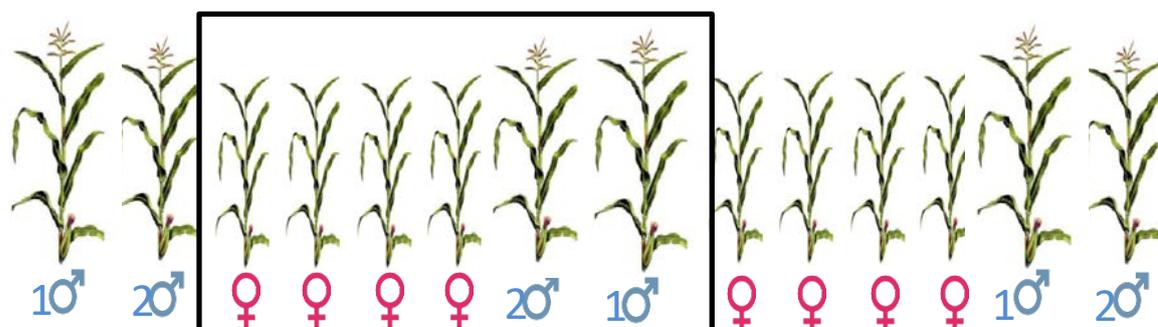


Figura 1 - Disposição de um bloco avaliado, configurando duas linhas de macho e quatro linhas de fêmea genitora em campo de produção de híbrido simples, na região de Formosa, Goiás.

O despendoamento ou retirada do pendão das plantas da linha considerada fêmea foi realizado antes da abertura dos pendões para que não houvesse contaminação dos campos de produção de semente, conforme apresentado na Figura 2.



Figura 2 – Despendoamento realizado na linha da genitora fêmea, em campo de produção de híbrido simples, na região de Formosa, Goiás.

A população inicial foi de 85.000 plantas ha^{-1} para as fêmeas e 100.000 plantas ha^{-1} para o macho, com espaçamento de 0,70 metros entre as linhas.

Foram adubados 200 Kg ha^{-1} de nitrogênio, 160 Kg ha^{-1} de fósforo e 120 Kg ha^{-1} de potássio, em todo o ciclo da cultura.

Todos os campos possuíam irrigação por Pivô Central, e toda recomendação de irrigação foi realizada pelo Sistema Irriga que recomenda diariamente a lâmina de água que deve ser aplicada e estima a probabilidade de necessidade de irrigação para os próximos sete dias, respeitando o balanço hídrico do milho.

As altitudes dos campos foram classificadas como:

Baixo:

- Campo A com 680 metros de altitude;
- Campo B com 685 metros de altitude;
- Campo C com 695 metros de altitude.

Transição:

- Campo D com 854 metros de altitude;
- Campo E com 833 metros de altitude;
- Campo F com 828 metros de altitude.

Alto:

- Campo G com 1142 metros de altitude;
- Campo H com 1061 metros de altitude;
- Campo I com 1175 metros de altitude.

A temperatura mínima, máxima, e média diária, bem como a umidade relativa do ar mínima, máxima, e média, foram obtidas de estações meteorológicas instaladas nas fazendas pelo Sistema Irriga, ao longo do período de polinização dos campos do experimento.

Para a avaliação da polinização foi escolhido ao acaso 1 bloco (4 linhas de fêmeas e 2 linhas de macho), Figura 1, onde foram marcadas 100 plantas por linhas de fêmeas e 100 plantas nas duas linhas de machos. Foram avaliadas, em dias alternados, as emissões dos estilos-estigmas das espigas e os pendões dos machos no estágio VT, antes da emissão dos primeiros estilos-estigmas das bonecas, e foi finalizado quando os estilos-estigmas atingiram 5% de receptibilidade ou até 95% de desidratação.

Após a coleta dos dados das avaliações de polinização foram elaborados gráficos visando mostrar a curva de polinização por campo nas diferentes altitudes, com a finalidade de se observar o desenvolvimento da porcentagem de estigmas receptíveis das fêmeas e a porcentagem de pendão polinizando das linhas genitoras masculinas, de primeiro e segundo semeio.

O índice de granação das espigas já polinizadas por campo foram determinadas nos cinco primeiros dias de colheita de cada campo, a partir da análise de espigas coletadas por amostragem de 20 espigas diárias por coleta, sendo que este índice determina o rendimento industrial da unidade de processamento, controle de perdas e avaliação das peneiras, que consideram tamanho e forma. Quanto menor o índice, menor o rendimento industrial, e maior o índice de perdas pelo processo de despalha. A escala do índice de granação é apresentado na Figura 3.



Figura 3 - Índice de granação decrescente, influenciado pelo processo de polinização nos campos de produção de milho híbrido simples, sendo a espiga 1 mal granada e a espiga 5, considerada ideal em termos de granação.

A produtividade final em kg ha^{-1} foi determinada após colheita total do campo, debulha e secagem a 13% de umidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 registra os índices de granação e produtividade (kg ha⁻¹) dos híbridos dos campos em diferentes altitudes, sendo que a maior produtividade e índice de granação foram obtidos em maiores altitudes.

Tabela 1 - Índices de granação (%) e produtividade (kg ha⁻¹) dos híbridos dos campos em diferentes faixas de altitude.

Faixa de altitude	Campo	Índice de granação	Produtividade(kg ha ⁻¹)
Baixo	A	1	1.385
Baixo	B	2	1.731
Baixo	C	3	2.460
Média		2	1.859
Transição	D	3	2.694
Transição	E	3	3.611
Transição	F	4	3.513
Média		3	3.273
Alto	G	5	5.912
Alto	H	5	5.885
Alto	I	5	6.821
Média		5	6.206

O sucesso ou maior rendimento em campos de produção de híbrido simples é dependente dos fatores edafoclimáticos, sendo a fase mais crítica do milho ao déficit hídrico, nos estádios de floração e de polinização. A falta de água e a temperatura elevada interferem na sincronização entre a produção de pólen pelo pendão, e na emissão dos estilos-estigmas ou boneca. A desidratação pode tornar os estilos-estigmas não receptivos e impróprios para a polinização, e baixa granação da espiga, prejudicando o rendimento esperado (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

A polinização se inicia com a dispersão dos grãos de pólen a três dias antes da emissão dos estilos-estigmas, cuja receptividade dura até 14 dias, para garantir a polinização de todas as espigas. Estresses hídricos, nutricionais, doenças, etc., promovem uma polinização deficiente, reduzindo a produtividade. Temperaturas máximas superiores a 35 °C durante a fecundação reduzem o número de grãos (BARROS; CALADO, 2014).

A Figura 4 relata os dados de temperatura e umidade relativa para os campos de altitude inferiores a 695 metros de altitude.

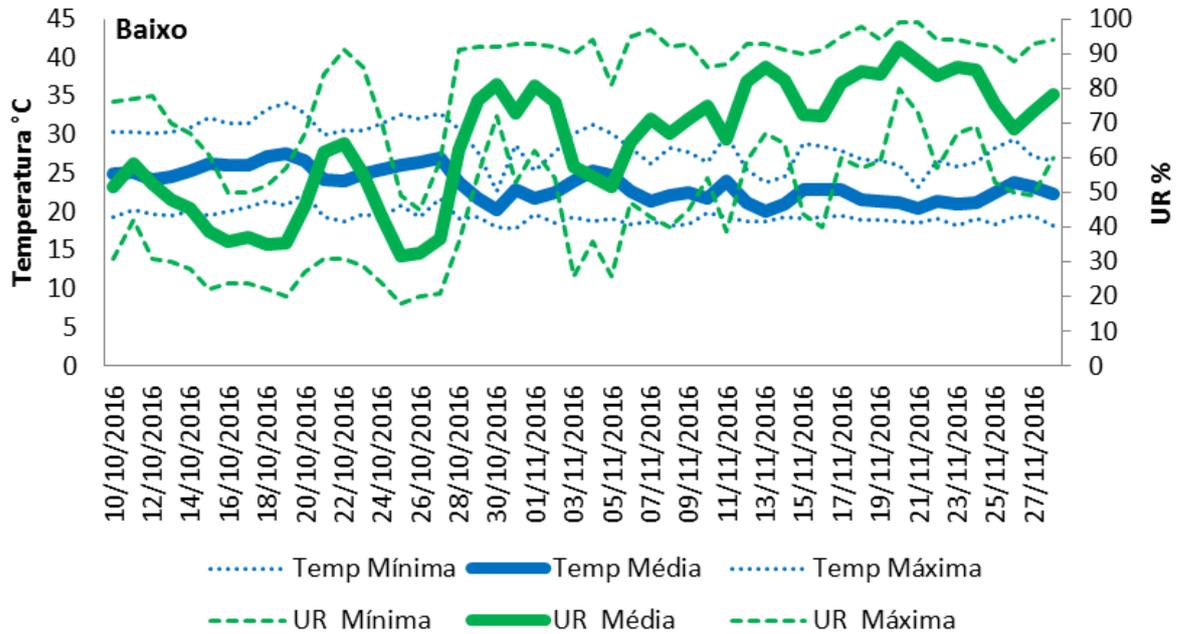


Figura 4 – Temperaturas e umidades relativas mínima, média e máxima, dos três campos classificados como Baixo, inferior a 695 metros de altitude, no período de polinização do híbrido simples.

No campo A, com 680 metros de altitude (Figura 5), a curva de polinização demonstra que o parental macho de primeiro semeio iniciou a polinização no dia 17 de outubro e atingiu o máximo de 40%, com redução da capacidade de polinização no período seguinte. O mesmo comportamento pode ser observado para os estigmas receptíveis para 30% das plantas, que atingiu seu máximo no dia 23/10/2016.

No dia 23/10/2016, a temperatura máxima alcançou aproximadamente 30 °C e a UR mínima foi 18% (Figura 4). Essas condições provavelmente levaram a uma desidratação precoce dos estilos-estigmas e a uma desnaturação do pólen, influenciando severamente na polinização, reduzindo o índice de granação (Tabela 1).

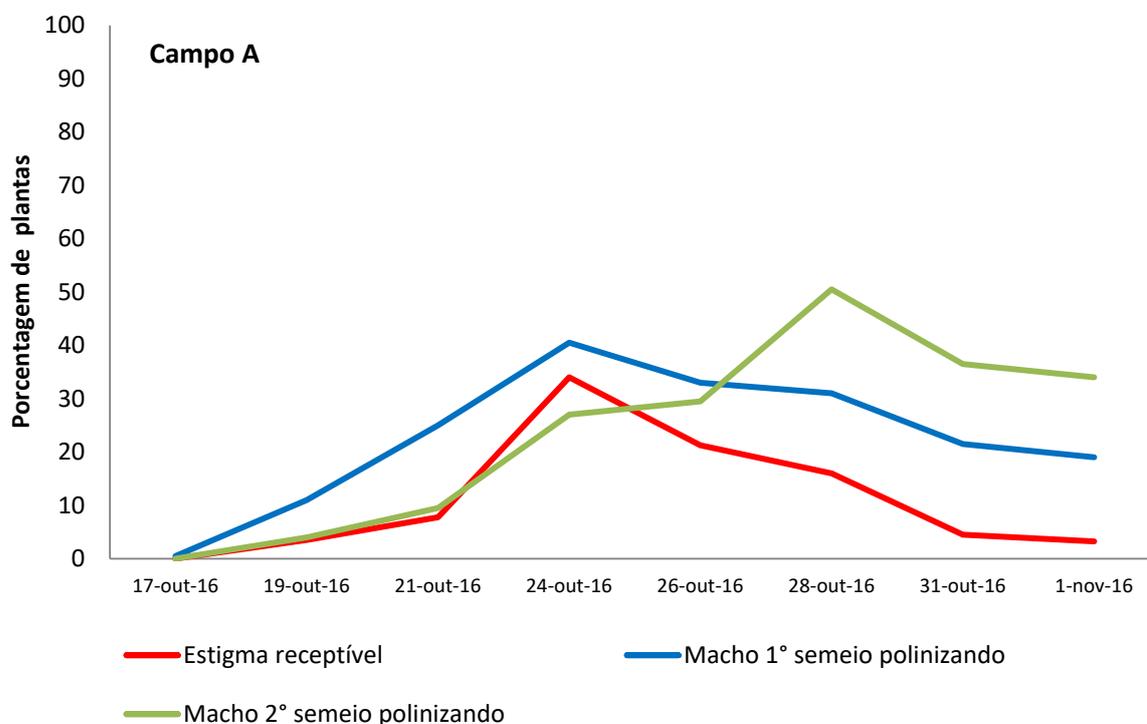


Figura 5 - Curva de polinização do Campo A, classificado como baixo, 680 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de plantas com estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas (porcentagem de pólen), com Split de sementeira.

No campo B, com 685 metros de altitude, a curva de polinização, com a disponibilidade de dispersão do pólen (Figura 6), ilustrando o desenvolvimento do florescimento, sendo que a genitora fêmea se desenvolveu antes da emissão dos primeiros pendões do macho de primeiro semeio. A planta fêmea apresentou estigmas receptíveis até 7 dias depois do aparecimento dos primeiros estilos-estigmas. Já a polinização dos machos não seguiu a mesma tendência apresentada pela fêmea, chegando apenas à 65% de pendões polinizando, tanto para as plantas macho de primeiro quanto para segundo semeio, concentrando o volume de pólen em um pequeno intervalo de tempo.

A temperatura média não ultrapassou os 32 °C, e a umidade relativa mínima foi de 36%, no dia 28/10/2016 (Figura 4), condições que se não se mostraram satisfatórias.

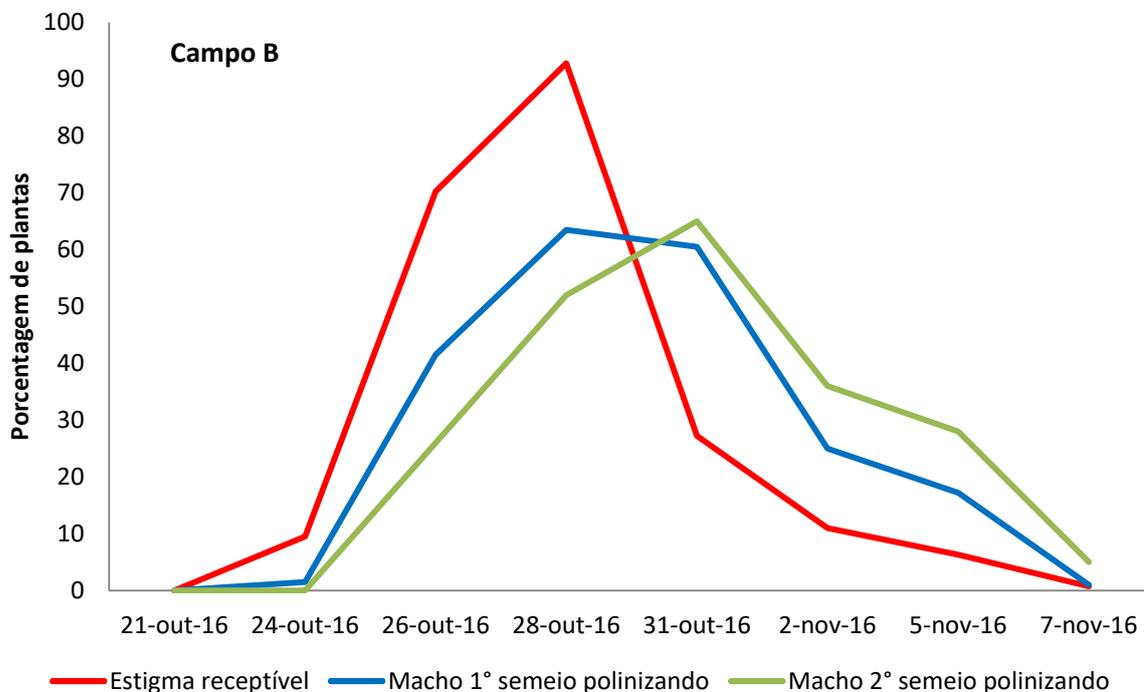


Figura 6 - Curva de polinização do Campo B, classificado como baixo, 685 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas (porcentagem de pólen), com Split de semeadura.

A curva de polinização do campo C, com 690 metros de altitude, demonstra o início de polinização e emissão dos estigmas em períodos muito próximos, sendo que se observou a mesma tendência, com uma evolução contínua até 70% de polinização de macho de primeiro semeio, com 82% de estigma receptível, e 83% de polinização do macho de segundo semeio (Figura 7).

A temperatura média no período fixou-se de forma estável, não ultrapassando os 30 °C, e a umidade relativa obtida foi alta, em torno de 65%, o que refletiu na produtividade do campo (Figura 4). Este campo obteve a maior produtividade dentre os três campos avaliados, em altitude inferior a 695 metros.

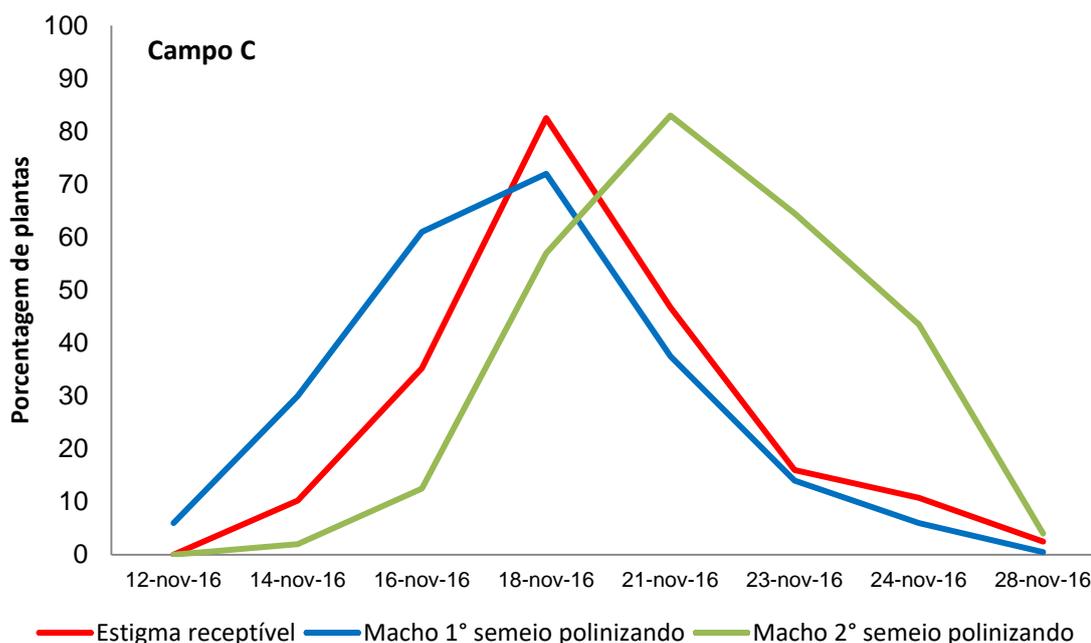


Figura 7 - Curva de polinização do Campo C, classificado como baixo, 690 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas (porcentagem de pólen), com Split de semeadura.

A temperatura do ar é maior em regiões de baixa altitude, sendo que a transpiração das plantas é aumentada durante o dia, causando maior perda de água, e há aumento da respiração no período noturno, reduzindo a assimilação do carbono líquido diário, diminuindo sua produtividade, em milho de primeira safra; o que não ocorre para a segunda safra, pois este cultivo coincidirá com o período da redução do fotoperíodo, da irradiação solar e da temperatura do ar (SOUZA; BARBOSA, 2013).

Há uma temperatura média do ar correspondente ao máximo rendimento de grãos, sendo que os estádios fenológicos da cultura dependem da temperatura da localidade e da soma calórica requerida pelo material genético para atingir o ponto de maturidade fisiológica (GADIOLI et al., 2000).

Magalhães et al. (2002) analisaram os dados de Ensaio Nacionais de Cultivares de Milho, sendo 33 normais, 71 precoces e 32 super precoces, na safra 2000/2001, em diversos locais das regiões centro, cerca de 37 cultivares, e sul, 7 cultivares. Menores produtividades de grãos de milho foram encontradas em baixas altitudes, menores que 700 metros, em relação a altas altitudes, apresentando maiores diferenças na região Sul, para todos os grupos de maturidade de milho.

Na Figura 8 estão apresentados os dados de temperatura e umidade relativa para os campos de altitude de transição, de 828 a 854 metros de altitude.

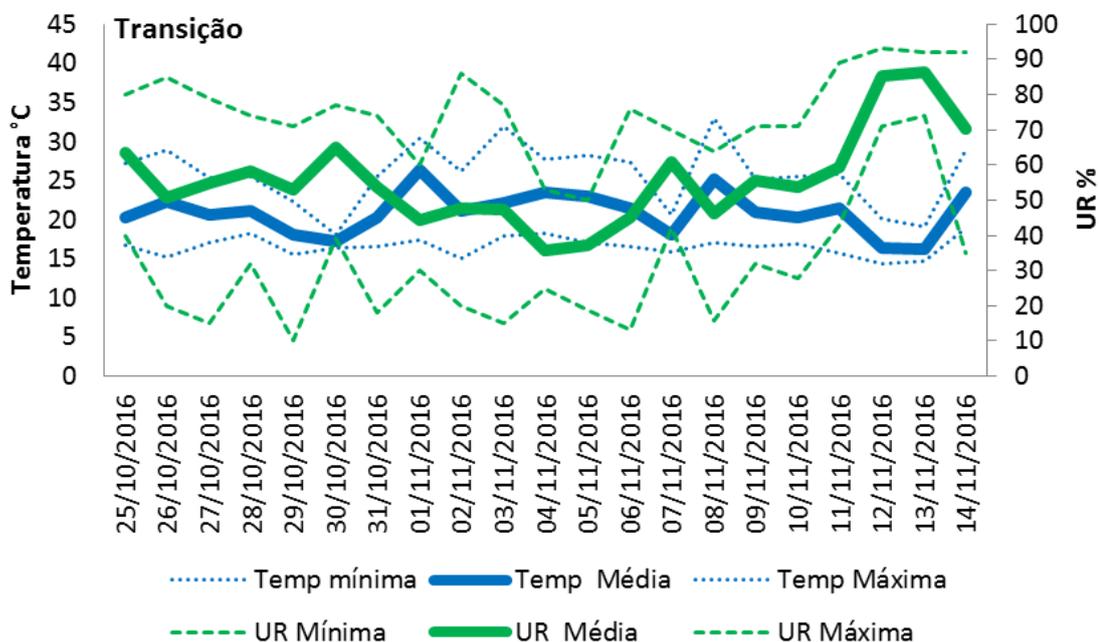


Figura 8 - Temperaturas e umidades relativas mínima, média e máxima, dos três campos de altitude de Transição, entre 828 a 854 metros de altitude, no período de polinização do híbrido simples.

Os campos pertencentes ao grupo considerado como de Transição em altitude, de 828 a 854 metros, obtiveram curvas de polinização também correlacionadas negativamente pelas altas temperaturas e umidade relativa baixas, afetando significativamente a desidratação precoce dos estilos-estigmas das fêmeas, comprometendo a fecundação pelo pólen e a granação adequada da espiga, e consequente rendimento almejado (Tabela 1).

Fancelli e Dourado Neto (2000), afirmam que altas temperaturas na antese podem reduzir a capacidade de produção de grãos, sendo que esse estresse favorece a desidratação dos grãos de pólen e o desenvolvimento do tubo polínico.

A Figura 9 demonstra uma possível desidratação dos estilos-estigmas no campo D, com altitude de 854 metros de altitude, devido às baixas umidades relativas apresentadas no período, com uma mínima de 10% no dia 29/10/2016 e 18% no dia 31/10/2016 (Figura 8), afetando diretamente na estrutura indicada. Já os genitores masculinos não tiveram seu desenvolvimento afetado pelas baixas umidades relativas do ar.

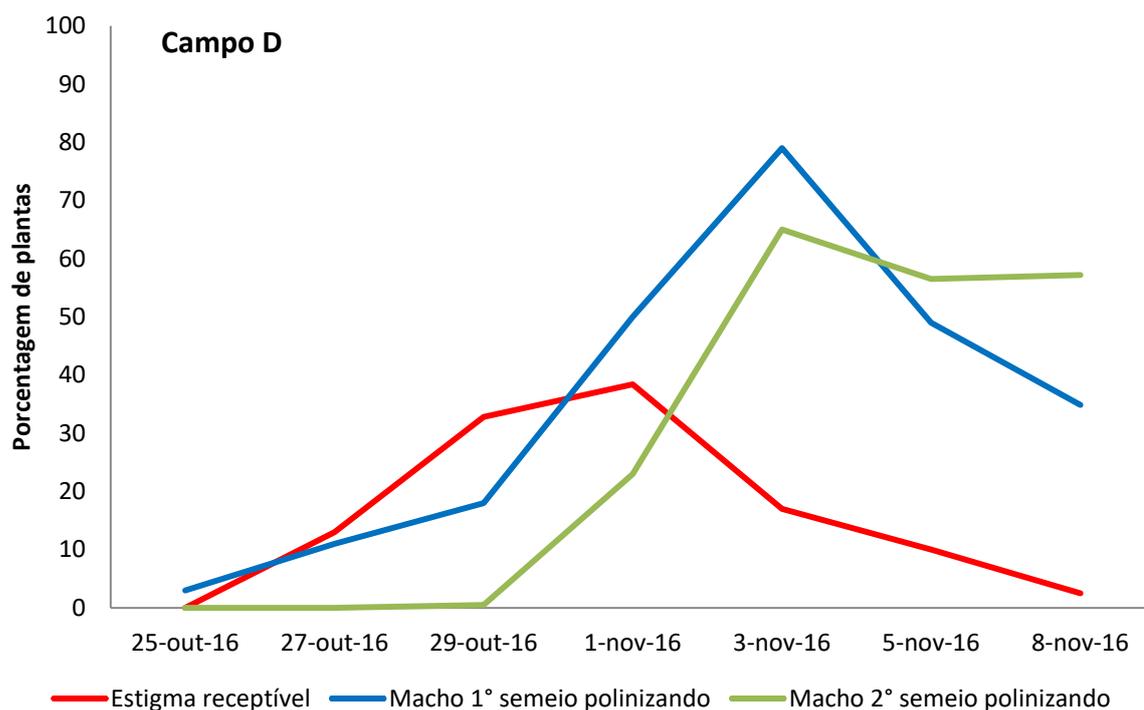


Figura 9 - Curva de polinização do Campo D, classificado como de transição, 854 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de semeadura.

No campo E, com 833 metros de altitude (Figura 10), também observou-se influência das baixas umidades relativas no período de floração, que possivelmente tenha afetado o desenvolvimento dos estilos-estigmas das plantas genitoras femininas, que atingiu o máximo de 57% no dia 03/11/2016, e, em seguida, o número de estilos-estigmas desenvolvidos e receptíveis foi reduzido, influenciado pela umidade relativa mínima do período, entre 15 e 13% (Figura 8).

O parental macho de primeiro semeio obteve uma paralização da polinização no período, influenciado pela baixa umidade relativa do ar e por temperaturas que chegaram a 32°C (Figura 8).

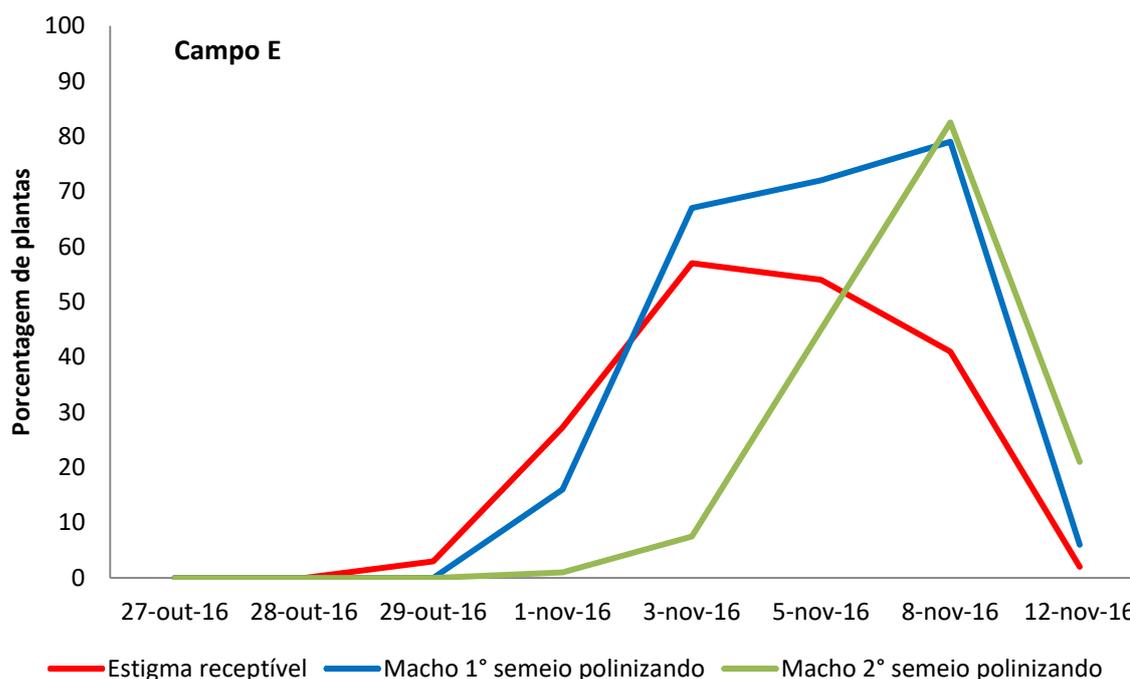


Figura 10 - Curva de polinização do Campo E, classificado como de transição, 833 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de sementeira.

O campo F, com altitude de transição de 833 metros (Figura 11), apresentou características de polinização semelhantes ao Campo E, o qual também demonstrou prejuízo devido às mesmas condições climáticas do período, o que influenciou negativamente a polinização e produtividade dos campos pertencentes a essa altitude (Tabela 1).

A receptividade máxima de estigmas ocorreu no dia 05/11/2016, em torno de 50%, da mesma forma que a máxima polinização do macho de primeiro semeio, o qual se manteve estável até o dia 08/11/2016, momento em que o macho de segundo semeio apresentou a maior porcentagem de polinização. Ambos os machos demonstraram aproximadamente 90% de polinização em seu ponto máximo.

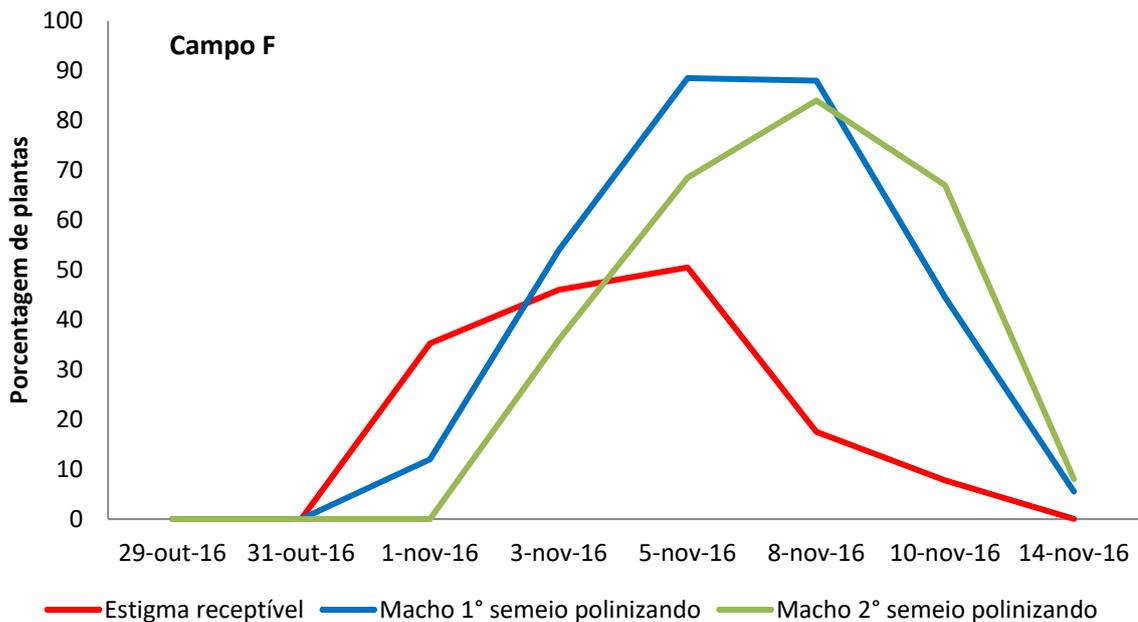


Figura 11 - Curva de polinização do Campo F, classificado como de transição, 828 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de semeadura.

A Figura 12 relata os dados de temperatura e umidade relativa para os campos de altitude Alta, de 1061 a 1175 metros de altitude.

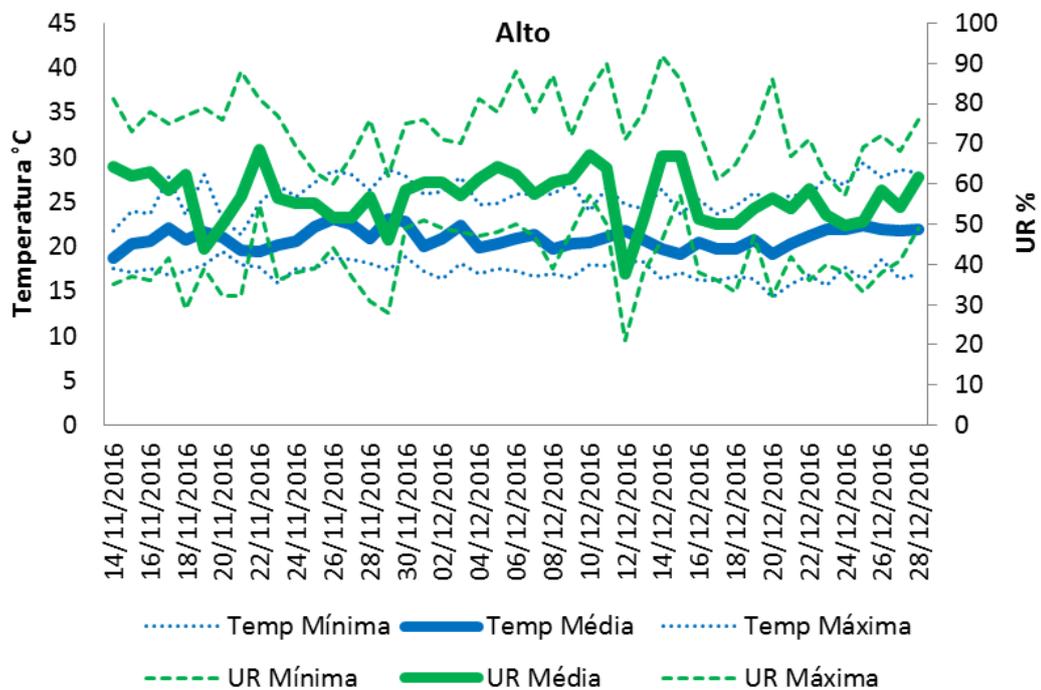


Figura 12 - Temperaturas e umidades relativas mínima, média e máxima, dos três campos classificados como Alto, entre 1061 a 1175 metros de altitude, no período de polinização do híbrido simples.

Os campos classificados como Alto, com altitude entre 1061 e 1175 metros, apresentaram uma polinização superior, comparativamente aos outros campos das duas classes de altitudes mais baixas.

Conforme Durães (2006), altos rendimentos podem ser obtidos em maiores altitudes, sendo que temperaturas diurnas, dentre 28 e 32 °C, e temperaturas noturnas amenas, entre 18 a 20 °C, prolongam o estágio vegetativo, incrementando a taxa fotossintética, e o rendimento da cultura.

A curva de polinização do campo G, com 1142 metros de altitude, demonstrou que os parentais fêmea e macho de primeiro semeio obtiveram comportamento muito semelhantes, atingindo 99% de estigma receptível, 97% de macho de primeiro semeio polinizando e 92% macho de segundo semeio polinizando, o que ocasionou incremento significativo na produtividade e no índice de granação (Tabela 1).

A menor umidade relativa encontrada no período de polinização foi de 29% e a temperatura máxima não ultrapassou os 30°C (Figura 12).

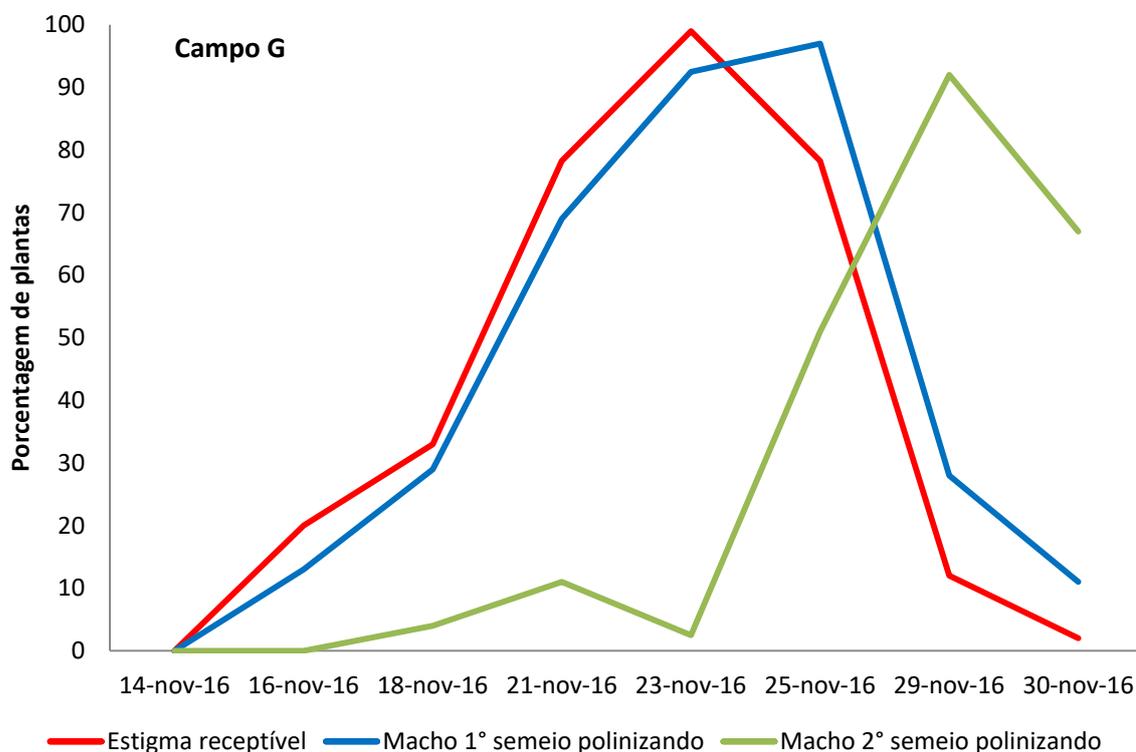


Figura 13 - Curva de polinização do Campo G, classificado como Alto, 1142 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de semeadura.

O campo H (Figura 14), com 1061 metros de altitude, também apresentou, elevadas porcentagens de estigma receptível e machos polinizando, todos acima de 90%, e uma boa coincidência entre os parentais fêmea e macho de primeiro semeio, e um período longo de estigma receptível, o que favoreceu a polinização, pois o estigma ficou mais tempo receptível para receber o pólen do macho.

No período de polinização (Figura 12), as temperaturas foram amenas, não ultrapassando os 28°C, e a umidade relativa mínima foi de 39%, portanto favoráveis ao processo de polinização de plantas de milho.

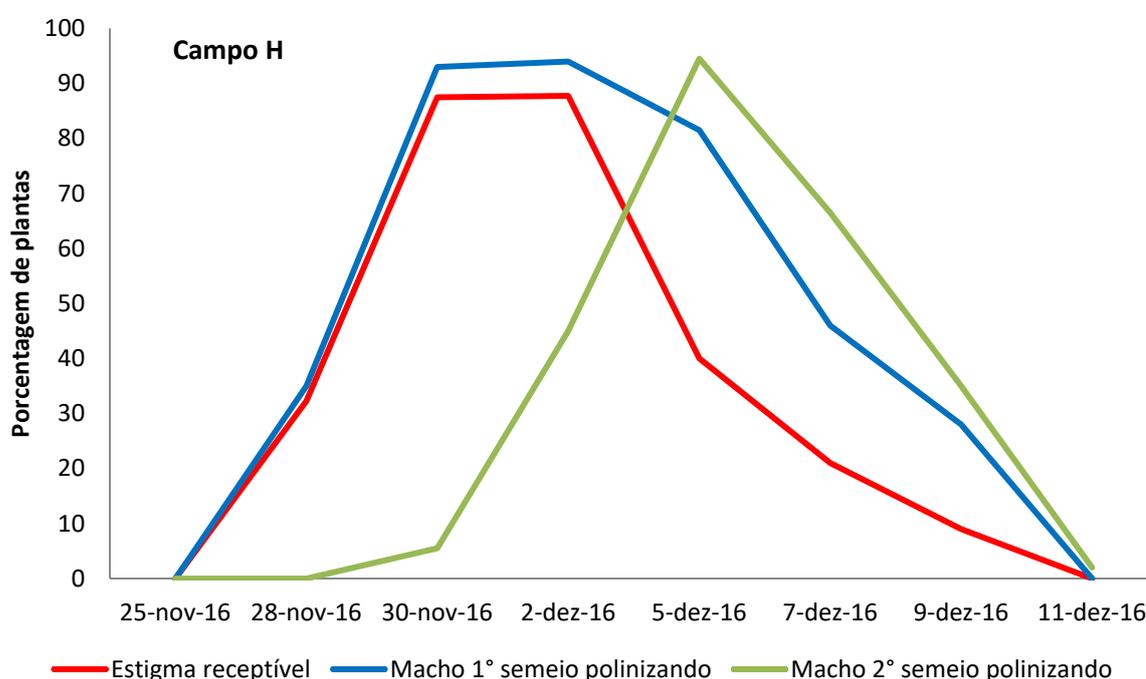


Figura 14 - Curva de polinização do Campo H, classificado como Alto, 1061 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de semeadura.

O campo I, com 1175 metros de altitude, apresentou uma coincidência de polinização muito parecida com os outros dois campos pertencentes à mesma classificação de altitude (Figura 15). As boas condições climáticas favoreceram a polinização e, conseqüentemente, alta produtividade (Tabela 1).

As temperaturas não ultrapassaram 30°C e a umidade relativa mínima foi de 32% (Figura 12).

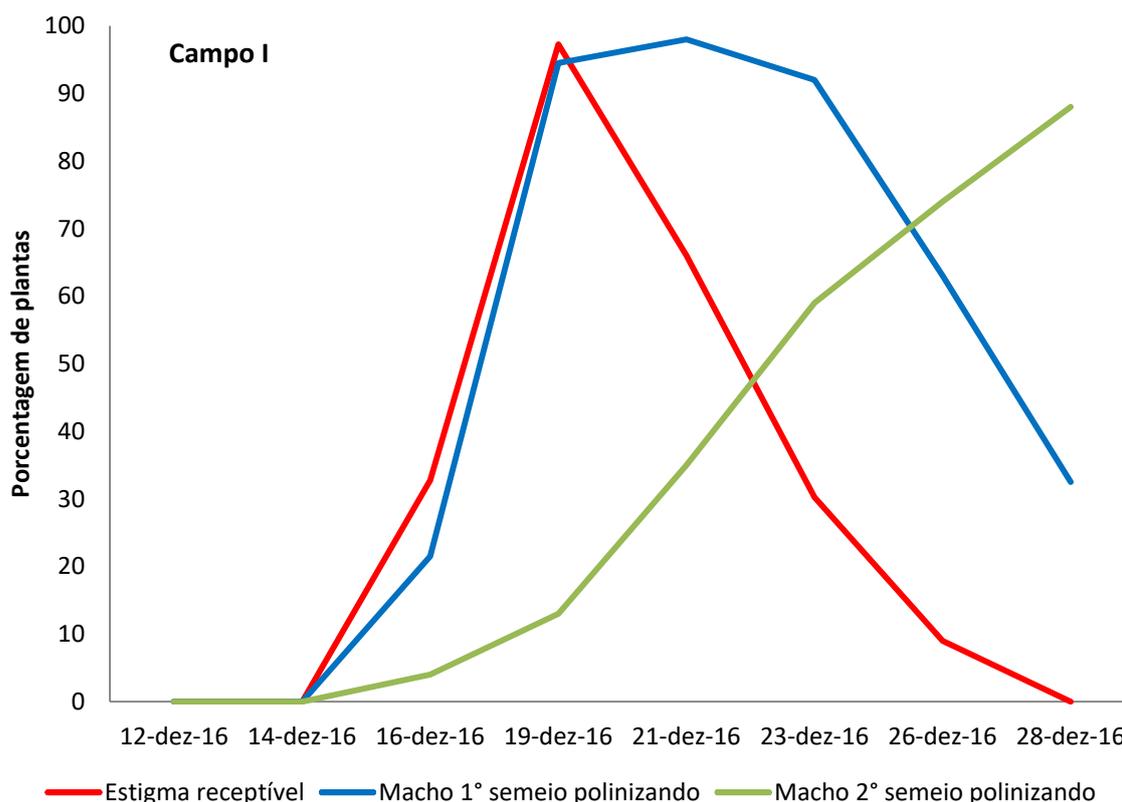


Figura 15 - Curva de polinização do Campo I, classificado como Alto, 1175 metros de altitude, demonstrando a porcentagem de estigma receptível (linha genitora feminina) e das linhas genitoras masculinas, com Split de semeadura.

O cultivo do milho de primeira safra, em regiões com maiores altitudes, reduz o risco das plantas entrarem em estresse térmico, devido à redução da temperatura noturna do ar. Porém, na segunda safra, a baixa temperatura do ar pode causar acentuada redução da produtividade da cultura, principalmente em regiões de alta altitude. A baixa temperatura do ar afeta diretamente o metabolismo fotossintético, reduzindo a eficiência das enzimas responsáveis pela fixação de carbono na planta (SOUZA; BARBOSA, 2013).

Conforme Durães (2006), em áreas tropicais os altos rendimentos são restritos em áreas intermediárias ou de alta altitude, contendo estações chuvosas. Rendimentos de 12 t ha⁻¹ foram obtidos em altitude de 1500 m, e de 5 a 8 t ha⁻¹, em baixas altitudes. Em regiões temperadas, rendimentos máximos foram próximos de 20 t ha⁻¹. Abaixo de 1000 m de altitude, em áreas tropicais, a planta acumula matéria seca após florescimento, que é translocada para o grão, sendo que em temperaturas tropicais, a maturação é tardia. Já em altitudes superiores a 1000 m, a fase vegetativa é mais longa que em terras baixas tropicais. Assim, a altitude limita a produtividade, e

a mesma está relacionada ao conhecimento da época de semeadura, que, por sua vez, está intrincada na radiação solar média e na temperatura média do ar, entre os períodos de emergência e de floração.

Semeaduras mais precoces, em temperaturas amenas, caracterizam-se como reprodutivos, em comparação aos vegetativos, que ocorrem em semeios mais tardios, em temperaturas mais elevadas, sendo que a temperatura atua de maneira inversamente proporcional ao número de grãos definidos por unidade de taxa de crescimento. A taxa de crescimento aumenta de acordo com o aumento da temperatura, ou seja, em temperaturas mais elevadas, as plantas acumulam mais massa seca do que em temperaturas mais amenas, por ocasião da floração. Em temperaturas inferiores a 20 °C há redução na eficiência da conversão da radiação solar em fitomassa, em semeaduras precoces. Assim, na região Sul, por exemplo, maior produtividade da cultura é obtida quando há elevada radiação solar, sob temperaturas médias amenas, desde que não ocorram estresses (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

Assim, diferentes fatores climáticos, em diferentes altitudes, influenciam o balanço de carbono das plantas de milho, afetando sua produtividade.

5. CONCLUSÕES

Temperaturas diurnas e noturnas amenas, e favoráveis condições de umidade relativa, possibilitaram uma eficiente polinização cruzada em híbridos simples de milho. Maiores índices de granação e produtividades foram obtidas em plantas cultivadas em altitudes superiores a 1000 metros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.; AMARAL, A.L.; BARBOSA NETO, J.F.; SERENO, M.J.C.M. Conservação e germinação *in vitro* de pólen de milho (*Zea mays* subsp. *mays*). **Revista Brasil**, Jaboticabal, nv.34, n.4, p.493-497, 2011.
- BARROS, J.F.C.; CALADO, J.G. **Cultura do milho**. Évora: Universidade de Évora, 2014.
- BERGAMASCHI, H; MATZENUER, R. **O milho e o clima**. Emater, Porto Alegre, 2014.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.949- 56, 2001.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretaria de Política Agrícola**, São Paulo, p. 33, portaria n. 180, de 12 de novembro de 2013.
- CLEMENTE, D.I.; NEVES, T.N.C.; FERREIRA, R.S.; ANDRADE, N.F.T.; BIZINOTO, E.L.; ALVES, E.O. Efeito do tempo de proteção de espigas de milho (*Zea mays* L.) com envelopes de polietileno na receptividade do estilo-estigma ao pólen. In: **XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar**, Bento Gonçalves, RS, 2016.
- COBRA, S.S.O. **Caracterização morfológica, reprodução e polinizadores de Maracujazeiro Azedo em Tangará Da Serra, Mato Grosso**. 2014. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade do Estado de Mato Grosso. Tangará da Serra, 2014.
- COELHO, A.M.; CRUZ, J.C.; FILHO, I.A.P. **Desafios para obtenção de altas produtividades de milho**. EMBRAPA MILHO E SORGO/Sete Lagoas, 2004.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grão**, v. 1, n. 3, 2017.

CIB - Conselho de Informações sobre Biotecnologia. **Guia do milho**: do campo à mesa. V. 1, n. 1, 15 p.,2006.

CRUZ, J.C. **Milho**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Coleção 500 perguntas, 500 respostas. EMBRAPA/Brasília, p. 338, 2011.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARFENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F.; MATRANGOLO, W.J.R.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. **Cultivo do milho**. EMBRAPA MILHO E SORGO/Brasília, 2011.

DURÃES, F.O.M. Limitações fisiológicas do milho nas condições de plantio nas regiões tropicais baixas. In: **XXVI Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Belo Horizonte, de 27 a 31 de agosto de 2006.

DURÃES, F.O.M.; SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G.; MAGALHÃES, P.C.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; GUIMARÃES, C.T. **Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores**. EMBRAPA MILHO E SORGO/Sete Lagoas, 2004.

DURÃES, F.O.M.; GAMA, E.E.G.; SANTOS, F.G.; GUIMARÃES, C.M.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; TRINDADE, M.G.; GOMIDE, R.L.; ALBUQUERQUE, P.E.P. **Fenotipagem para tolerância a seca: protocolos e características específicas visando o melhoramento genético de cereais**. EMBRAPA MILHO E SORGO/Sete Lagoas, 2005.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia**. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Agropecuária, Guaíba, p. 21-54, 2000.

GADIOLI, J.L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA Y GARCÍA, A.; BASANTA, M. del V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.377-383, jul./set. 2000.

KOSHIMA, F.A.T. **Estabilidade e adaptabilidade para caracteres de produção em linhagens de milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), 60 f., Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

MACHADO, J.C.; SOUZA, J.C.; RAMALHO, M.A.P.; LIMA, J.L. Estabilidade de produção de híbridos simples e duplos do milho oriundos de um mesmo conjunto gênico. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.627-631, 2008.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. EMBRAPA/Sete Lagoas, p. 27, 1995.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E.; CARNEIRO, N.P. **Fisiologia do milho**. EMBRAPA Sete Lagoas, 2002.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Cultivo do milho**. EMBRAPA MILHO E SORGO/ Sete Lagoas, 2009.

MALDANER, L.J.; HORING, K.; SCHNEIDER, J.F.; FRIGO, J.P.; AZEVEDO, K.D.; GRZESIUCK, A.E. Exigência Agroclimática da cultura do milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, São Paulo, v. 3, p. 13-23, 2014.

MARTIN, T.N.; TOMAZELLA, A.L.; CÍCERO, S.M.; DOURADO NETO, D.; FAVARIN, J.L.; VIEIRA JÚNIOR, P.A. Questões relevantes na produção de sementes de milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.14, n.1, p. 119-138, 2007.

SHIOGA, P.S. **Avaliação estadual de cultivares de milho safra 2014/2015**. IAPAR, Londrina: 2015.

SOUZA, G.M.; BARBOSA, A.M. **Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante**. ESALQ, Piracicaba, 2013.

SOUZA, M.P. **Avaliação de híbridos de milho transgênicos e convencionais para silagem**. 2013. 49 f. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Guarapuava, 2013.

TIMÓTEO, T.S.; VON-PINHO, E.V.R.; VON-PINHO, R.G.; GUIMARÃES, R.M.; CHALFUN, M.Z.H.; TIMÓTEO, T.J. Condicionamento, qualidade de sementes e sincronismo do florescimento em campo de produção de sementes do milho híbrido GNZ 2004. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p719-726, 2010.