



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ANDRÉ PRECHLAK BARBOSA

**REGULADOR DE CRESCIMENTO NO SISTEMA  
PRODUTIVO DO MILHO**

---

Londrina  
2016

ANDRÉ PRECHLAK BARBOSA

**REGULADOR DE CRESCIMENTO NO SISTEMA  
PRODUTIVO DO MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli.

Co-Orientadora: Prof. Dr. Dana Katia Meschede.

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

BARBOSA, ANDRÉ .

REGULADOR DE CRESCIMENTO NO SISTEMA PRODUTIVO DO MILHO / ANDRÉ BARBOSA. - Londrina, 2016.  
119 f. : il.

Orientador: CLAUDEMIR ZUCARELI.

Coorientador: DANA MESCHEDE.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

Inclui bibliografia.

1. MANEJO CULTURAL DO MILHO - Teses. 2. ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS - Teses. 3. REGULADOR DE CRESCIMENTO - Teses. 4. ARQUITETURA DE PLANTAS - Teses. I. ZUCARELI, CLAUDEMIR . II. MESCHEDE, DANA. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

ANDRÉ PRECHLAK BARBOSA

**REGULADOR DE CRESCIMENTO NO SISTEMA  
PRODUTIVO DO MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Leandro Paiola Albrecht  
Universidade Federal do Paraná - UFPR

---

Prof. Dr. Eli Carlos de Oliveira  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 22 de Fevereiro de 2016.

A DEUS, pois ELE permitiu que eu chegasse até aqui e tudo tem se realizado pela sua misericórdia em minha vida. Aos meus amados pais pelo amor e dedicação, a minha querida e amada esposa pelo apoio incondicional, à toda minha família, amigos, e aos colegas de trabalho.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS, companheiro de todas as horas. Sem ELE eu jamais teria chego aqui. “PAI, obrigado pela Sua constante presença em minha vida, pela Sua infinita misericórdia e graça que me acompanham e acompanharão para sempre. Obrigado pelas alegrias, tristezas e dificuldades que me fazem ser quem sou hoje e que me lapidam para ser alguém melhor dia a dia”.

A Universidade Estadual de Londrina pela oportunidade de cursar a pós-graduação. Ao Departamento de Ciências Agrárias por fornecer a estrutura e o conhecimento de seus docentes para o curso de mestrado em agronomia.

Ao CNPQ pela bolsa concedida, que foi de muita importância.

Ao meu orientador prof. Dr. Claudemir Zucareli, obrigado pela orientação no trabalho e também pela amizade. O senhor trabalha de fato com amor pela profissão, seja por ministrar aulas ou realizar pesquisa, é um exemplo de profissional. Foi muito bom trabalhar com o sistema produtivo do milho, que nunca havia pensado em estudar a fundo, espero que em breve continuemos essa parceria. DEUS o abençoe sempre.

Aos meus amados pais, Mauro e Salete, que sempre me apoiaram na vida estudantil e me deram incentivo, ainda mais nessa fase tão importante que foi o mestrado. Sem o apoio e o amor de vocês eu não teria finalizado essa etapa tão valiosa. À minha mãe agradeço de maneira especial, pois esteve apoiando em todos os momentos. Obrigado! Saibam que os AMO Muito, e para sempre os amarei. Vocês são exemplos para mim!

A minha querida e amada esposa Érica. Meu Presente de DEUS, você faz parte total dessa conquista, por estar sempre comigo, por me apoiar, por admirar o que faço e por me ajudar de diversas maneiras. Sou infinitamente agradecido a ELE por ter você na minha vida e por saber que, enquanto vivermos, estaremos juntos, sob a presença do nosso PAI ETERNO. Eu te AMO meu amor! Conte comigo.

A minha co-orientadora prof. Dr. Dana Katia Meschede, por toda a disposição e por nunca negar ajuda. Pelas conversas e pelo apoio dado ao nosso trabalho. A senhora trabalha de fato com amor pela profissão e por ministrar aulas, é um exemplo. Que DEUS esteja sempre contigo.

Aos colegas da Pós-graduação e graduação em agronomia, pela disposição

em ajudar e por todos as experiências proporcionadas. Vocês tornaram essa realização possível!

A todos os funcionários da UEL que de alguma forma contribuíram com a realização do trabalho, com constante disposição.

À todos que, de alguma forma, ajudaram e que não mencionei, mas que sabem da importância na minha vida e nesse trabalho, obrigado!

*“Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento. Porque é melhor a sua mercadoria do que artigos de prata, e maior o seu lucro que o ouro mais fino. ”*

*(Provérbios 3:13,14 – Bíblia Sagrada)*

BARBOSA, André Prechlak. **Regulador de crescimento no sistema produtivo do milho**. 2016. 119 f. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR, 2016.

## RESUMO

O uso do regulador de crescimento possibilita a obtenção de plantas de milho de menor porte e com folhas mais eretas e rígidas, melhorando o aproveitamento dos fatores produtivos, com incrementos no rendimento de grãos. Entretanto, esses resultados são dependentes do genótipo, das condições edafoclimáticas e do manejo da cultura. Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de reguladores de crescimento em diferentes dosagens, associados a locais de cultivo, genótipos e épocas de semeadura sobre as características fitométricas, componentes de produção e rendimento da cultura do milho. Três experimentos foram conduzidos. Dois deles apenas na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR e o terceiro em Londrina e em área de produção comercial, Palotina-PR. O delineamento adotado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. O primeiro em esquema fatorial 5x2, sendo os fatores: I - doses de trinexapac-ethyl aplicadas no Estádio V6 (0, 50, 100, 200 e 400 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e II - locais de cultivo no estado do Paraná (Palotina e Londrina). O segundo em esquema fatorial 2x2x3, sendo os fatores: I - épocas de semeadura (19/09/2014 e 23/11/2014), II - híbridos de milho (2B610PW e 2B810PW) e III - reguladores de crescimento (testemunha sem aplicação, trinexapac-ethyl 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> e clomazine 200 g i.a. ha<sup>-1</sup>). O terceiro em esquema fatorial 2x7, sendo os fatores: I – com e sem aplicação do regulador de crescimento trinexapac-ethyl (0 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>); II – sete híbridos de milho com distintas características de arquitetura foliar, ciclo e altura de plantas (2B 610 PW, 2B 810 PW, 30F53 YH, status viptera TL/TG, P2530, 30R50 YH, celeron TL/TG). Foram avaliados: altura das plantas, altura da inserção da primeira espiga, diâmetro de colmo, acamamento e quebraimento de plantas, área foliar, índice de área foliar, prolificidade, comprimento da espiga, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, a 5% de probabilidade, comparados pelo teste de Tukey e submetidos a regressão até segundo grau (P<0,05). O fator ambiental determina características de crescimento e de produção, com direta influência na efetividade do redutor de crescimento para milho cultivado sob densidade populacional de 75.000 na primeira safra. O aumento nas doses do trinexapac-ethyl pode provocar alterações no crescimento das plantas de milho e refletir em alterações de produtividade da cultura, no entanto, a resposta é interligada com a condição ambiental do local de cultivo. A alteração de porte das plantas de milho é dependente do local de cultivo. Em Palotina mesmo com incremento nas dosagens de trinexapac-ethyl a altura das plantas não se alterou, porém o IAF foi acrescido e essa modificação morfológica associada a alterações na arquitetura foliar promovem maior massa e produtividade de grãos nessa condição ambiental. Em Londrina, sob condições hídricas favoráveis, o aumento das doses de trinexapac-ethyl reduz o porte das plantas com redução do desempenho produtivo. O desenvolvimento e o desempenho produtivo do milho é alterado pela interação entre as épocas de semeadura, genótipos e reguladores de crescimento. A segunda época de semeadura, não limitada pela deficiência hídrica, resulta em melhor desenvolvimento e desempenho produtivo para os dois híbridos. O híbrido 2b610 apresenta maior desempenho produtivo que o 2B810 na segunda época de semeadura. O trinexapac-ethyl e o clomazine para os dois híbridos na primeira época e para o 2B810 na segunda época favorecem a produtividade de grãos do milho. O trinexapac-ethyl

apresenta redução de porte para o híbrido 2B810 na segunda época de semeadura. O crescimento e a área foliar do híbrido 2B810 é menos prejudicado pela condição restritiva da semeadura de setembro, conseqüentemente há maior desempenho da massa de grãos que não permite diferenciação da produtividade entre genótipos para essa época de semeadura. Não há interação entre o trinexapac-ethyl e os híbridos utilizados, mesmo com morfologia e potencial agrônomo diferenciados entre eles. O trinexapac-ethyl é eficiente na redução de altura das plantas de todos os genótipos, sem alterar os componentes de produção e o rendimento de grãos. A produção de plantas compactas pelo redutor evita os prejuízos do crescimento excessivo e facilita o emprego do arranjo de plantas adensado, com incremento na produção de grãos por área. Os híbridos apresentam características de crescimento vegetativo, componentes de rendimento e produtividade de grãos distintos, com destaque para os genótipos com precocidade normal que refletem sua superioridade de crescimento em desempenho produtivo.

**Palavras-chave:** *Zea mays* (L.). Redutor de crescimento. Arranjo de plantas. Época de semeadura. Trinexapac-ethyl.

BARBOSA, André Prechlak. **Growth regulator in the production system of corn.** 2016. 119 p. Dissertation in Agronomy –Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## ABSTRACT

The use of growth regulator makes it possible to obtain smaller corn plants and more erect and rigid leaves, improving the utilization of productive factors, with increases in grain yield. However, these results are dependent on the genotype, the environmental conditions and crop management. This way the study aimed to evaluate the effect of growth regulators in different dosages, associated with cultivation place, genotypes and sowing dates on phytometric characteristics, yield components and yield of corn grains. Three experiments were conducted. Two of them in Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR and the third in Londrina and in commercial production area, Palotina-PR. The study design was a randomized complete block design with four replications. The first in a 5x2 factorial arrangement with the factors: I - trinexapac-ethyl doses applied at V6 stage (0, 50, 100, 200 and 400 g a.i. ha<sup>-1</sup>) and II - cultivation places in the state of Paraná (Palotina and Londrina). The second in factorial 2x2x3, being the factors: I - sowing dates (09/19/2014 and 11/23/2014), II - corn hybrids (2B610PW and 2B810PW) and III - growth regulators (control without application, trinexapac-ethyl 400 g ai ha<sup>-1</sup> and clomazine 200 g ai ha<sup>-1</sup>). The third in factorial 2x7, and the following factors: I - with and without application of trinexapac-ethyl plant growth regulator (0 to 250 g a.i. ha<sup>-1</sup>); II - Seven corn hybrids with different characteristics of leaf architecture, cycle and plant height (PW 610 2B, 2B 810 PW, 30F53 YH, Status Viptera TL / TG, P2530, 30R50 YH, Celeron TL / TG). They were evaluated: plant height, ear insertion height, stem diameter, leaf area, leaf area index, prolificacy, ear length, number of rows per ear, number of grains per row, number of grains per ear, Mass thousand and grain yield. Data were subjected to analysis of variance, at 5% probability, compared by Tukey test and submitted to regression even second degree (p <0.05). The environmental factor determines characteristics of growth and production of corn, with direct influence on the efficacy of growth retardant for corn cultivate in population density of 75,000 in the first crop. The increase of trinexapac-ethyl doses may cause changes in the growth of maize plants and reflect in changes in the crop yield, however, the answer is interconnected with the environmental conditions of the cultivation place. The change in size of the corn plants is dependent on the cultivation place. In Palotina even with increase the doses of trinexapac-ethyl, the plant height did not change, but the IAF was added and this morphological change associated with changes in leaf architecture promote greater mass and grain yield in this environmental condition. In Londrina, under favorable water conditions, the increase of trinexapac-ethyl doses reduces the size of the plants with reduced yield performance. Development and yield performance corn is altered by interaction between sowing dates, genotypes and growth regulators. The second sowing date, not limited by water stress, results in better growth and yield performance of the two hybrids. The hybrid 2B610 has a higher performance than the 2B810 in the second sowing date. Trinexapac-ethyl and clomazine for the two hybrids in the first sowing date and for the 2B810 in the second date favor the corn grains yield. Trinexapac-ethyl has size reduction for hybrid 2B810 in the second sowing date. Growth and leaf area of hybrid 2B810 is less damaged by the restrictive condition of september sowing, consequently there is increased performance of the grains mass that does not allow differentiation of yield among genotypes for this sowing date. There is no interaction between the trinexapac-ethyl and the hybrids used, even with differentiated morphology and agronomic potential between them. The trinexapac-ethyl is efficient in reduct

the plant height of all the genotypes, without affect the components of production and grain yield. The production of compact plants by growth retardant, avoid the damage of excessive growth, and facilitates the use of dense arrangement of plants, an increase in grain yield by area. Hybrids have vegetative growth characteristics, yield components and grain yield differents, especially for genotypes with normal precocity that reflect their growing superiority in yield performance.

**Keywords:** *Zea mays* (L.) growth retardant. Plant arrangement. Planting date. Trinexapac-ethyl.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Revisão da literatura

- Figura 2.3.1** – Esquema da rota de biossíntese das giberelinas e a relação de reguladores de crescimento que atuam em cada fase. Adaptado de Kerbauy, 2004. .... 40

### Artigo A

- Figura 3.1** – Precipitação pluvial e temperaturas do ar, máxima e mínima (T máx e T mín) do município de Palotina, referente ao período experimental (01/09/2014 a 12/02/2015) com delimitação da semeadura (S), início do florescimento (F) e colheita (C), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016..... 62

- Figura 3.2** – Precipitação pluvial e temperaturas do ar, máxima e mínima (T máx e T mín) do município de Londrina, referente ao período experimental (15/09/2014 a 12/02/2015), com delimitação da semeadura (S), início do florescimento (F) e colheita (C) safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016..... 63

- Figura 3.3** – Altura de plantas (A), altura de inserção de espiga (B) e índice de área foliar (C) de milho em resposta a doses de trinexapac-ethyl, em dois locais na primeira safra. Londrina - PR, 2016..... 69

- Figura 3.4** – Massa de mil grãos (A) e produtividade de grãos (B) de milho em resposta a doses de trinexapac-ethyl, em dois locais na primeira safra. Londrina - PR, 2016 ..... 72

### Artigo B

- Figura 4.1** – Balanço hídrico de cultivos segundo método de Penman-Monteith, com valores de disponibilidade hídrica, déficit (DEF) e excedente (EXC) hídrico, referente ao período experimental (1ª e 2ª época de semeadura – S1; C1 e S2; C2, respectivamente), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016..... 83

- Figura 4.2** – Radiação solar (Rad), temperaturas mínimas (mín) e máximas (máx) referentes ao período experimental (1ª e 2ª época de semeadura – S1; C1 e S2; C2, respectivamente), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016..... 83

## Artigo C

<b>Figura 5.1 –</b>	Balanço hídrico de cultivos segundo método de Penman-Monteith, com valores de disponibilidade hídrica, déficit (DEF) e excedente (EXC) hídrico, referente ao período experimental (27/10/2014 a 23/03/2015 - demarcação em azul), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016.....	104
<b>Figura 5.2 –</b>	Radiação solar (Rad), temperaturas mínimas (mín) e máximas (máx) referentes ao período experimental (27/10/2014 a 23/03/2015 - de marcação em azul), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016.....	104

## LISTA DE TABELAS

### Artigo A

- Tabela 3.1** – Resultado da análise de variância para as características avaliadas em função de doses de trinexapac-ethyl e locais de cultivo. Londrina-PR, 2016..... 66
- Tabela 3.2** – Características fitométricas de milho em resposta a doses de trinexapac-ethyl, em dois locais na primeira safra. Londrina - PR, 2016..... 67
- Tabela 3.3** – Componentes de rendimento e produtividade de grãos de milho em resposta a doses de trinexapac-ethyl e dois locais de cultivo na primeira safra. Londrina - PR, 2016..... 71

### Artigo B

- Tabela 4.1** – Resultado da análise de variância para as características avaliadas em função das épocas de semeadura, híbridos e reguladores de crescimento, na primeira safra. Londrina-PR, 2016 ..... 87
- Tabela 4.2** – Parâmetros fitométricos das plantas de milho, em resposta a épocas de semeadura, híbridos e reguladores de crescimento, na primeira safra. Londrina-PR, 2016 ..... 88
- Tabela 4.3** – Parâmetros fitométricos das plantas de milho, em resposta a épocas de semeadura e híbridos, na primeira safra. Londrina-PR, 2016 ..... 90
- Tabela 4.4** – Características de espigas de milho cultivado na primeira safra em resposta a reguladores de crescimento, na primeira safra. Londrina-PR, 2016 ..... 91
- Tabela 4.5** – Características de espigas de milho cultivado na primeira safra em resposta a híbridos e épocas de semeadura, na primeira safra. Londrina-PR, 2016 ..... 92
- Tabela 4.6** – Massa de mil grãos de milho cultivado na primeira safra em resposta a híbridos e épocas de semeadura, na primeira safra. Londrina-PR, 2016 ..... 94
- Tabela 4.7** – Produtividade de grãos de milho, em resposta a épocas de semeadura, híbridos e reguladores de crescimento, na primeira safra. Londrina-PR, 2016 ..... 95

## **Artigo C**

<b>Tabela 5.1</b> –	Caracterização dos híbridos de milho do experimento. Londrina-PR, 2016.....	105
<b>Tabela 5.2</b> –	Resultado da análise de variância para as características em função do uso de trinexapac-ethyl e dos híbridos de milho, na primeira safra. Londrina-PR, 2016 .....	107
<b>Tabela 5.3</b> –	Características fitométricas sob influência de trinexapac-ethyl e híbridos de milho na primeira safra. Londrina PR, 2016.....	109
<b>Tabela 5.4</b> –	Características das espigas de milho sob influência de trinexapac-ethyl e híbridos de milho, na primeira safra. Londrina PR, 2016.....	112
<b>Tabela 5.5</b> –	Massa de mil grãos e produtividade de grãos sob influência de trinexapac-ethyl e híbridos de milho, na primeira safra. Londrina PR, 2016.....	113

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
2.1	A CULTURA DO MILHO .....	20
2.1.1	Importância e Aspectos Econômicos da Cultura .....	21
2.1.2	Fenologia da Cultura do Milho .....	23
2.1.3	Exigências Climáticas da Cultura do Milho .....	25
2.1.4	Épocas de Semeadura .....	26
2.2	SISTEMA PRODUTIVO DO MILHO .....	28
2.2.1	Arranjo de Plantas na Eficiência Produtiva da Cultura do Milho .....	29
2.2.2	Densidade de Plantas .....	31
2.2.3	Espaçamentos entre Linhas .....	35
2.2.4	Genótipos Modernos de Milho .....	37
2.3	REGULADORES DE CRESCIMENTO VEGETAL .....	40
2.3.1	Uso de Reguladores de Crescimento Vegetal na Agricultura .....	42
2.3.2	Uso de Reguladores de Crescimento na Cultura do Milho .....	45
2.4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
<b>3</b>	<b>ARTIGO A: DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO EM RESPOSTA A DOSES DE TRINEXAPAC-ETHYL E AMBIENTES DE CULTIVO</b> .....	58
3.1	RESUMO .....	58
3.2	ABSTRACT .....	59
3.3	INTRODUÇÃO .....	60
3.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	62
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	65
3.6	CONCLUSÕES .....	74
3.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75

<b>4</b>	<b>ARTIGO B: REGULADORES DE CRESCIMENTO E ÉPOCAS DE SEMEADURA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO NA PRIMEIRA SAFRA</b> .....	78
4.1	RESUMO.....	78
4.2	ABSTRACT .....	79
4.3	INTRODUÇÃO.....	80
4.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	82
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	85
4.6	CONCLUSÕES .....	97
4.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	98
<b>5</b>	<b>ARTIGO C - TRINEXAPAC-ETHYL NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO CULTIVADOS NA PRIMEIRA SAFRA</b> .....	100
5.1	RESUMO.....	100
5.2	ABSTRACT .....	101
5.3	INTRODUÇÃO.....	102
5.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	103
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	107
5.6	CONCLUSÕES .....	115
5.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	116
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	119

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas de maior importância econômica e estratégica para a cadeia produtiva de alimentos. Possui elevado potencial produtivo, composição química e valor nutritivo privilegiados, que o posiciona como um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo. No Brasil o milho é o cereal mais importante economicamente, e o estado do Paraná se destaca em área e produtividade, com respectivos 2,5 milhões de hectares plantados e cerca de 6.300 kg ha<sup>-1</sup>.

Utilizado tanto na alimentação humana quanto animal, tem papel socioeconômico fundamental, além de servir de matéria-prima industrial. Atualmente é crescente o consumo de milho, principalmente devido a expansão da produção intensiva de animais e a demanda energética da produção de etanol.

A alta produtividade de grãos almejada atualmente se baseia na melhoria da eficiência de interceptação e conversão de fotoassimilados que formarão as estruturas de interesse econômico. Isso está intimamente relacionado com o mecanismo bioquímico (planta C4) do milho, por isso, é essencial o máximo aproveitamento da radiação solar, água e nutrientes, determinantes do processo fotossintético.

Uma das formas de aumentar a interceptação da radiação e o aproveitamento de água e nutrientes é pela melhoria do arranjo espacial das plantas na área. O efeito do arranjo sobre o rendimento de grãos no milho, é mais evidente do que em outras gramíneas, devido às sua morfologia, anatomia e fisiologia.

Nos últimos anos, agricultores vem utilizando técnicas que buscam alto rendimento na cultura do milho, principalmente com o uso de maiores densidades populacionais, redução do espaçamento entre linhas de semeadura e aumento da fertilização nitrogenada. Porém, algumas limitações são impostas a essas práticas, como o crescimento excessivo, acamamento, quebramento de plantas e o autosombreamento das folhas inferiores devido sua distribuição alternada e oposta da planta.

Verificada a necessidade, o melhoramento genético preconizou a maior eficiência no uso dos fatores produtivos pelos genótipos modernos, por meio de modificações que reduziram a altura de plantas, a altura de inserção de espiga, o número de folhas e com alteração no tempo de duração da fase de pendramento-espigamento, assim como obtenção de plantas com folhas de angulação mais ereta. Essas alterações otimizam o potencial produtivo, com conseqüente melhoria na tolerância ao adensamento e acamamento, maior resposta à adubação nitrogenada e, favorecimento da interceptação e da conversão da radiação.

A adequação proporcionada pelo melhoramento genético é variável para os genótipos, pois mesmo com elevado potencial produtivo, muitas não possuem características morfológicas que favorecem o cultivo nesse sistema adensado e tecnificado. Diante disso, se faz necessário associar a recomendação dessas práticas às diferenças existentes entre genótipos e condições edafoclimáticas específicas. Ainda, como alternativa pode-se utilizar técnicas que possam se adequar à nova realidade de manejo, como é o uso de reguladores de crescimento vegetal.

Os reguladores de crescimento são compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento indesejável da parte aérea das plantas, sem diminuir ou podendo favorecer a produtividade de grãos. A maioria dos reguladores de crescimento age por inibição da biossíntese da giberelina, hormônio que entre outras ações, promove alongamento celular.

Com o auxílio dos reguladores é possível controlar o porte, pela redução do crescimento excessivo de entrenós, evitando o acamamento e quebramento das plantas. Permitem ainda alterar a arquitetura foliar, deixando as folhas mais eretas e rígidas, o que proporciona maior eficiência no uso da radiação, como encontrado por Pricinotto, 2014. Essas alterações na arquitetura de folha e no porte, permitem a adoção de arranjos de plantas na área mais modernos, com alta densidade e menor espaçamento entre fileiras, o que proporciona maior eficiência no aproveitamento dos recursos do meio.

O uso na agricultura desses reguladores de crescimento tem demonstrado maior expressão do potencial produtivo. Em algumas culturas de interesse econômico seu uso é consolidado e recomendado, como é o caso do trinexapac-ethyl na cultura do trigo e do cloreto de mepiquate na cultura do algodão.

O trinexapac-ethyl é um dos reguladores de crescimento com amplo uso em culturas de inverno (trigo e cevada), estudos indicam que além de reduzir a altura da planta e o acamamento da cultura, proporciona modificações na arquitetura foliar que promovem ganhos na interceptação da radiação solar aumentando a produtividade. Porém devido às diferenças existentes entre milho e trigo, principalmente na morfofisiologia, não é possível a adaptação das recomendações desse regulador, tanto de dose e época de aplicação como de outras características técnicas dessa prática.

O uso de reguladores de crescimento na cultura do milho é pouco evidente e os estudos são escassos, visto que normalmente este é utilizado em cereais para evitar o acamamento, característica essa rara entre os híbridos de milho atuais. A maioria dos estudos realizados trata do uso compostos promotores de crescimento e mistura desses com nutrientes,

buscando efeitos fisiológicos de promoção do desenvolvimento da cultura. Contudo o uso desses compostos em milho pode ser viável se atender a condição de redução do porte das plantas, principalmente em condições que estimulem seu crescimento (adensamento e altas doses de nitrogênio), evitando o acamamento e o quebraamento das plantas.

Também a alteração da arquitetura foliar de forma que otimize a interceptação da radiação solar, o melhor aproveitamento da fertilização, com ênfase na nitrogenada, da água disponível no solo e diminuição da incidência de plantas daninhas. Como consequência da alteração no arranjo das plantas, ocorre melhor distribuição destas e assim aumentos da produtividade.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de reguladores de crescimento em diferentes dosagens, associados a locais de cultivo, genótipos e épocas de semeadura sobre as características fitométricas, componentes de produção e rendimento da cultura do milho.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A CULTURA DO MILHO

O centro de origem da cultura do milho (*Zea mays* L.) é a América Central, principalmente no México, de onde se espalhou para o norte chegando ao Canadá e para o sul chegando à Argentina. O registro mais antigo de milho consta de cerca de 7000 anos, e foi encontrado por arqueólogos em Teotihuacan, um vale perto de Puebla, no México, mas é possível a existência de outros centros de origem secundários nas Américas (FAO, 1992).

Conforme tratado por FORNASIERI FILHO (2007) existem três vertentes que explicam a origem do milho, a primeira denominada evolução divergente que aborda a possibilidade de ter havido uma planta selvagem que originou o milho, os teosintes e o gênero *Tripsacum*, que apresentam similaridade de estrutura e suas diferenças visíveis podem ter origem do aborto de órgãos durante o melhoramento. A segunda alternativa apresentada é que o teosinte tenha origem do milho, devido as suas reações de modificação do sabugo polístico para dístico, redução de grãos pareados e únicos, além do endurecimento das glumas e da raque, em resposta ao fotoperiodismo. A terceira hipótese e mais aceita pela comunidade científica, é que o milho se originou do teosinte devido à seleção realizada pelo homem. Essa teoria admite que as principais modificações durante a evolução foram o aumento da dominância apical, menor sensibilidade ao fotoperiodismo, diminuição de perfilhamento, aumento da separação entre inflorescências masculinas e femininas, assim como aumento significativo das espigas.

O milho é uma planta pertencente à família das poaceas, possui caráter monóico e ciclo anual, com altura variável de um a quatro metros, e alta eficiência na produção de grãos (FORNASIERI FILHO, 2007). Conforme Paterniani (1978), a planta possui na estrutura morfológica uma haste cilíndrica ereta, formada por colmos e nós, inflorescência feminina (espiga) e masculina (pendão), folhas lanceoladas e um sistema radicular fasciculado.

É uma espécie de ampla adaptabilidade nas mais diferentes condições edafoclimáticas, podendo ser cultivado nas latitudes de 58°Norte até 40°Sul, assim como, localidades situadas abaixo do nível do mar até regiões com mais de 2.500m de altitude (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Cultivado em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma planta de milho durante o ciclo está em torno de 600 mm (MAGALHÃES e DURÃES, 2006). É uma das

plantas que possui maior eficiência em armazenar energia, considerando que de uma semente que pesa cerca de 0,3 g surge uma planta geralmente com mais de 2,0 m de altura num período aproximado de dois meses e posteriormente essa planta produz cerca de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou (ALDRICH; SCOTT; LENG, 1982).

Sangoi et al. (2010) explicam essa alta eficiência em conversão de energia radiante em fitomassa pelo metabolismo do tipo C4 do milho, que apresenta características fisiológicas favoráveis a uma eficiente conversão do gás carbônico da atmosfera em compostos orgânicos, os carboidratos. Isso ocorre devido ao processo fotossintético que proporciona uma contínua concentração do CO<sub>2</sub> nas células da bainha das folhas, o que leva a otimização do aproveitamento deste CO<sub>2</sub> em carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Para se desenvolver, o milho necessita de calor e umidade relativa do ar adequada, uma vez que possui origem tropical. Quando cultivado em condições de clima subtropical, como as do sul do Brasil, fatores como disponibilidade térmica e de radiação solar são de grande influência sobre o desenvolvimento, assim como a amplitude térmica de cerca de 12°C que favorece a produção da cultura (SANGOI et al., 2010).

### 2.1.1 Importância E Aspectos Econômicos Da Cultura

O milho possui notável importância social e econômica, principalmente pela geração de empregos na zona urbana e rural. Representa um dos principais e mais tradicionais cereais cultivados devido à sua importância para os diferentes elos da cadeia do agronegócio (GALVÃO et al. 2014).

Sua relevância é observada para pequenos produtores que abordam a cultura como matéria prima para alimentação familiar, ou mesmo no trato de animais, tendo um aspecto de sustentabilidade na condição minifundiária, seja com o uso de variedades crioulas e/ou híbridos que vêm respondendo positivamente ao incremento na tecnologia empregada na produção da cultura (ARAUJO et al, 2013).

No contexto de grandes propriedades o milho se adaptou muito bem ao sistema de plantio direto, do qual é um ótimo fornecedor de palhada. É também uma opção recorrente para a sucessão de culturas soja e milho, muito utilizada no Brasil, que porém não deve ser recomendada já que traz diversos problemas ao sistema produtivo. Além de viabilizar a rotação de culturas com suas características singulares de produção de biomassa, sistema radicular robusto e grande adaptação ambiental, além dos resíduos das plantas deixados sobre a superfície do solo favorecem a decomposição, ciclagem de nutrientes e a

produtividade das culturas subsequentes (TORRES et al, 2015).

Em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos, o principal uso do milho no Brasil, assim como nos Estados Unidos e no Canadá é para a alimentação humana e de animais. No Brasil cerca de 84% do milho é utilizado na alimentação animal, principalmente avicultura e suinocultura, com tendência de aumento devido a maior utilização do sistema de produção sob confinamento na bovinocultura e 11% é consumido pela indústria, para diversos fins. Seu uso industrial não se restringe a alimentos, ele é largamente utilizado na produção de elementos espessantes e colantes, além da produção de óleos (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004). Além do seu crescente uso na fabricação de etanol nos Estados Unidos da América (KANEKO et al., 2010), verificada também no Brasil atualmente (CONAB, 2015).

Conforme levantamento do USDA (2015), a produção mundial de milho superou 1 bilhão de toneladas na safra 2014/15, sendo a primeira cultura a alcançar esse patamar e, estima-se que serão produzidas cerca de 990 milhões de toneladas na safra atual, distribuídas em cerca de 178 milhões de hectares cultivados no mundo.

No âmbito nacional a produção estimada é de 82 milhões de toneladas na safra 2014/15, 2,2% superior ao que foi obtido na safra passada. Esse aumento deve-se, principalmente, ao incremento de produção na segunda safra, que é recorrente e se sustenta por acréscimos de 3,9% na área plantada, e 3,2% em produtividade média, gerando cerca de 6,5% mais produção, ou seja, aproximadamente 3 milhões de toneladas acima do que foi produzido na safra anterior. Tais valores permitem ao Brasil ocupar a terceira posição em produção mundial (CONAB, 2015). Nesse mesmo levantamento se observa que em relação a produtividade brasileira de milho de verão, houve aumento em relação à safra 2013/14. Na safra atual foram produzidos cerca de 200 kg ha<sup>-1</sup> a mais, estipulando uma produtividade média de 4.995 Kg ha<sup>-1</sup>, média essa ainda inferior à mundial, que é de cerca de 5.600 Kg ha<sup>-1</sup>.

Apesar da produção brasileira estar em um alto patamar mundial, a produtividade não acompanha esse desempenho, sendo muito inferior a observada nos Estados Unidos da América que é o maior produtor mundial e cuja produtividade na safra 2013/14 ficou em cerca de 10.700 Kg ha<sup>-1</sup>, mais que o dobro da brasileira (USDA, 2015).

A produtividade média da cultura do milho no país não reflete o bom nível tecnológico adotado por alguns agricultores voltados ao cultivo comercial, uma vez que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, com diferentes sistemas de cultivo, finalidades e níveis tecnológicos (DEMÉTRIO, 2008).

Segundo a CONAB (2015), diferentes condições ambientais encontradas

nas regiões produtoras também são limitantes para obtenção de uma média produtiva mais satisfatória no âmbito nacional. Como exemplo tem-se a produtividade média paranaense  $6.300 \text{ kg ha}^{-1}$  e a cearense de  $315 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo essa diferenciação baseada na distinta condição climática e nível tecnológico empregado à cultura do milho nessas regiões. A região sul é a segunda maior produtora do cereal, atingindo cerca de 25 milhões de toneladas com sua produção de primeira e segunda safra. O Paraná se destaca como o segundo maior produtor brasileiro de milho, com produção aproximada de 15 milhões de toneladas na safra atual. A área cultivada paranaense é de cerca de 2,5 milhões de hectares somando-se primeira e segunda safra.

A safra atual teve diminuição na produção em relação à anterior, cerca de 4,4%, pelo aumento no custo de produção e baixo preço no mercado dos grãos de milho, a âmbito nacional (USDA, 2015).

Conforme levantamento da CONAB (2015), observa-se que o estado do Paraná, teve nova redução de cerca de 18% na área de cultivo e de 13% na produção da safra de verão devido a competição com a cultura da soja, que vêm se mostrando mais rentável, colocando o estado em terceiro lugar em quantidade produzida do cereal na primeira safra. Já na segunda safra o estado perde apenas para Mato Grosso em relação ao total produzido, com estimativa da safra atual de cerca de 10 milhões de toneladas.

Ainda no levantamento supramencionado, com uma produção de destaque do cereal, o Brasil exporta cerca de 20 milhões de toneladas do grão, porém o consumo interno é superior, ficando próximo das 60 milhões de toneladas. Principalmente devido a sua grande utilização como ração, alimentação humana e uso nas indústrias nacionais, com destaque ao incremento da produção de gado em sistema confinado e o início da produção de etanol em Mato Grosso, demandando mais grãos para consumo interno. Em termos de exportação o maior comprador do milho brasileiro em 2015 foi o Vietnã com cerca de 1.300.000 kg, cerca de 40% do total exportado no primeiro semestre desse ano. No mesmo período, os maiores compradores depois do Vietnã foram Irã e Indonésia com cerca de 1.200.000 e 600.000kg, respectivamente.

### 2.1.2 Fenologia Da Cultura Do Milho

Os estádios fenológicos surgiram visando facilitar o detalhamento das etapas do ciclo das plantas (WAGNER et al, 2013). Estes são classificados como as transformações que ocorrerão nos processos de crescimento e de desenvolvimento, como a

germinação, brotação, florescimento, espigamento e maturação e, os seus conhecimentos ajudam a melhorar a descrição do ciclo da cultura (BERGAMASCHI et al. 2006).

Embora as plantas de milho sigam o mesmo padrão de desenvolvimento, vários fatores, como cultivares, solo, adubação, clima, práticas culturais, pragas, doenças, ano agrícola e época de semeadura, são capazes de interferir nos estádios fenológicos, no número total de folhas desenvolvidas, na produtividade e na qualidade dos grãos de milho (OKUMURA et al., 2011).

Segundo Ritchie et al. (1993), a distribuição dos estádios da cultura se dá em período vegetativo que vai de VE (emergência) até VT (pendoamento) e reprodutivo de R1 (embonecamento) até R6 (maturidade fisiológica). Sendo que a identificação dos estádios é composta pela letra V seguida de um número que se refere ao número de folhas completamente desenvolvidas, que são apenas consideradas assim quando a bainha foliar está totalmente expandida e a lígula é notada, sendo a folha nesse estado considerada adulta. Já na fase reprodutiva a letra utilizada é o R seguido da numeração que cresce conforme a maturação dos grãos se adianta.

A definição de potencial produtivo e dos componentes de rendimento se dão durante o período juvenil das plantas, portanto é necessário destacar alguns estádios que são essenciais nesse processo. Em V3 ocorre o estabelecimento do número máximo de grãos, ou a definição da produção potencial e, em V5, tanto o número de folhas como de espigas vai estar definido e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente, na extremidade de formação do caule (SANGOI et al, 2010).

Em V6 (seis folhas completamente desenvolvidas) ocorre o período de alongação acelerada do colmo e onde o ponto de crescimento já se localiza acima do solo, com sistema radicular já 85% completo. Em V9 ocorre grande desenvolvimento dos órgãos florais, e as espigas potenciais encontram-se visíveis ao se realizar a dissecação das plantas (WEISMANN, 2008).

Hitchie et al. (1993) descrevem que o número de óvulos por espiga, assim como o tamanho dessas é definido no estágio V12, onde a planta possui cerca de 90% da sua área foliar e, em V18 a planta do milho encontra-se a uma semana do florescimento e o desenvolvimento da espiga continua em ritmo acelerado. Em VT (pendoamento) a planta atinge o máximo desenvolvimento e crescimento, ocorre a emissão da inflorescência masculina e, alguns dias depois em R1 (embonecamento e polinização), os estilos-estigmas se tornam visíveis para receber os grãos de pólen que já estão sendo dispersos e vão fecundando gradativamente as inflorescências femininas.

Ainda na fase reprodutiva as plantas passam por R2 (grão bolha d'água), R3 (grão leitoso), R4 (grão pastoso), R5 (formação do dente) e chega ao fim em R6 (maturidade fisiológica) onde as sementes atingem seu máximo peso e iniciam processo de secagem até atingir nível de umidade que possibilite a colheita mecânica sem ocorrência de danos físicos às sementes (SANGOI et al, 2010).

Portanto, apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta grande sensibilidade a estresses de natureza biótica e abiótica, e isso aliado a sua baixa plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, torna o planejamento do manejo do cultivo de forma rigorosa, a única opção para a manifestação de sua capacidade produtiva (ANDRADE, 1995; SANGOI et al, 2010).

A definição do potencial produtivo depende diretamente do conhecimento das fases de desenvolvimento da cultura. A definição do primeiro componente de rendimento se dá logo entre VE e V1, onde é definida a densidade populacional pelas plantas que emergem e se estabelecem. Em seguida, de V7-V12 se define o número de fileiras da espiga e em V12-R1 o número de óvulos potenciais por fileira, que comporão a quantidade potencial de grãos da inflorescência feminina. Por fim já nos estádios R1-R2 é definido o potencial de enchimento dos grãos, ou seja, a massa de grãos que vão compor a produção final de grãos da planta (FORNASIERI FILHO, 2007).

Portanto, o conhecimento dos estádios fenológicos permite o posicionamento dos manejos agrotecnológicos necessários à cultura, assim como a adoção de novas tecnologias de forma satisfatória, verificando o efeito de cada manejo nos processos em desenvolvimento na planta e seu resultado ao fim do ciclo em termos produtivos e/ou morfológicos (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

### 2.1.3 Exigências Climáticas Da Cultura Do Milho

Dentre os fatores que influenciam a distribuição e adaptação do milho, a temperatura é o que mais altera a velocidade de crescimento e de desenvolvimento da cultura, porque afeta quase todos os processos fisiológicos da planta e, a faixa entre 25 e 30°C é considerada ideal para o desempenho adequado da cultura (SANGOI et al., 2010). A temperatura do ar portanto é um dos principais determinantes da fenologia das plantas e, o milho possui essa característica, sendo que para a cultura, a descrição do crescimento e do desenvolvimento fenológico é baseada no acúmulo energético acima de determinada temperatura-base, a chamada soma térmica, que norteia a classificação dos grupos de

maturação das cultivares de milho (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

A exigência hídrica do milho é variável, dependendo dos fatores climáticos predominantes no período de desenvolvimento, da cultivar e do estágio da cultura que interfere de forma direta sobre a área foliar e a intensidade de transpiração (SANGOI et al., 2010). O milho é uma planta muito exigente em água, porém pode ser cultivada em regiões que vão de 250 mm a 5000 mm anuais e, a média de consumo da planta é de 600 mm durante todo o ciclo (WILLIAMS et al., 2008). Sua maior exigência hídrica situa-se na pré-floração e início da fase de enchimento de grãos, devido a maior superfície foliar, sendo recomendado portanto a escolha de época de semeadura e região de cultivo que proporcionem distribuição equitativa de precipitações pluviométricas adequadas em caso de cultivo de sequeiro (MONTEIRO, 2009).

A radiação solar é outro fator climático de grande interferência para o desempenho da cultura do milho, que apresenta metabolismo do tipo C4 e extensa área foliar, o que torna possível alta eficiência em conversão da energia luminosa em química. Com relação a essa eficiência, busca-se a coincidência das fases de pré-floração, floração e início do enchimento de grãos onde a cultura possui maior área fotossinteticamente ativa com os dias mais longos. Isso principalmente em regiões de maior latitude como o sul brasileiro, onde a época de semeadura será essencial nessa determinação e terá consequências diretas ao rendimento de grãos (SANGOI et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2011).

#### 2.1.4 Épocas De Semeadura

Devido a característica tropical da cultura, temperatura e umidade são fatores essenciais ao desenvolvimento do milho. Em regiões subtropicais fatores como variações na disponibilidade térmica e de radiação solar exercem grande influência no desenvolvimento fenológico das plantas (BERNARDON, 2005; STRECK et al., 2012). Portanto, a escolha da época de semeadura de forma adequada deve considerar as condições de temperatura e precipitação pluvial (GARDIOLI et al., 2000).

A semeadura de milho pode correr vários riscos, como semente de má qualidade, manejo inadequado de fertilizantes, equipamentos e, principalmente, falta de água (SILVA et al., 2010). A definição das melhores épocas de semeadura pode ser obtida utilizando técnicas convencionais de experimentação, nas quais se faz a semeadura da cultura em diferentes datas, avaliando-se suas características biométricas e a produtividade alcançada (MARIN et al., 2006).

A escolha da época de semeadura é uma forma de selecionar períodos em que as condições climáticas predominantes não sejam limitantes no fornecimento de fatores como água para os períodos críticos da cultura, radiação solar e temperatura adequadas principalmente na fase de pré-floração e início do enchimento de grãos (SILVA et al., 2010). Considera-se que nas regiões sub-tropicais e temperadas deve-se levar mais em consideração a disponibilidade de radiação solar e térmica em detrimento da hídrica, ao contrário de regiões tropicais (SANGOI et al., 2010).

No Brasil são considerados dois períodos principais para o cultivo do milho, a “safra” e a “safrinha, também chamada segunda safra. Na safra o milho é semeado entre julho e janeiro, dentro da estação de crescimento, considerando atingir a fase de maior área foliar da cultura juntamente com dias mais longos e quentes (NASCIMENTO et al., 2011).

No milho de primeira safra, existe ainda a divisão em semeaduras adiantadas ou “do cedo” e tardias. Em regiões do sul do país são constatadas menores vantagens na antecipação da semeadura devido a não ocorrência de períodos de restrição hídrica (FORSTHOFER et al., 2006), havendo porém vantagens quando se utilizam materiais mais precoces nessa condição (SANGOI et al., 2010). Que nas semeaduras tardias onde as condições presentes no estabelecimento da cultura são ideais, se recomenda-se híbridos com maior necessidade calórica, para que o período vegetativo e início do reprodutivo não sejam reduzidos de forma prejudicial ao rendimento final da mesma.

O potencial de rendimento de grãos, a ser obtido em cada época de semeadura, dependerá principalmente da quantidade de radiação solar incidente, da eficiência de interceptação e da conversão da radiação interceptada em fitomassa, e da eficiência de partição de assimilados à estrutura de interesse econômico (ANDRADE, 1995).

Essa resposta será dependente do genótipo utilizado, já que materiais modernos apresentam menor porte, precocidade e maior eficiência na utilização de água, luz, calor e nutrientes e são favorecidos nas condições de clima temperado, ou seja, a região de cultivo também terá direta influência no desempenho produtivo da cultura (NASCIMENTO et al., 2011).

Época ideal de semeadura é dependente segundo Sangoi et al (2010) do local de cultivo, das condições climáticas desse local, da incidência de pragas e doenças e muito da cultivar selecionado, o ideal é que haja maior possibilidade de aproveitamento dos fatores temperatura, radiação solar e água nas condições edafo-climáticas presentes.

## 2.2 SISTEMA PRODUTIVO DO MILHO

A produção de milho atual está baseada no uso de tecnologias consagradas como o sistema de plantio direto (SPD), a adubação de base, a adubação nitrogenada de cobertura, o respeito da época de semeadura, a escolha correta do genótipo adaptado à região, o o adequado arranjo de plantas, o manejo de doenças, pragas e plantas daninhas e na colheita. Esses pontos são essenciais para a manutenção do rendimento, possibilitando a expressão do potencial produtivo dos genótipos modernos de milho (CRUZ et al. 2009).

A produção brasileira de milho tem sido caracterizada pela divisão em duas épocas de cultivo. O cultivo de verão, ou primeira safra, é realizado em época tradicional, durante o período chuvoso e quente, com semeadura variando entre os meses de agosto a outubro. Já o cultivo da chamada segunda safra (safrinha) corresponde ao milho semeado de janeiro a abril, o qual tem aumentado significativamente nos estados do Paraná, São Paulo e na Região Centro-Oeste (GUTIERREZ, 2010).

Conforme Rezende et al. (2004) o ciclo da cultura do milho varia de 100 a 180 dias entre a germinação e a colheita e, essa variação se dá principalmente em função dos diferentes genótipos existentes e da temperatura durante o ciclo, a qual possui relação linear com a duração dos períodos de desenvolvimento da planta. A classificação do ciclo dos híbridos é baseada no acúmulo de unidades de calor, chamadas graus-dia (GD) até o florescimento, existindo desde materiais hiperprecoces que necessitam de menos de 790 GD, precoces de 790 a 830 GD, intermediários 830 a 889 GD e tardios com exigência de mais de 890 GD para atingir a floração (HITCHIE et al. 1993).

A otimização do processo de produção de grãos na cultura do milho é dependente de quatro fatores: da quantidade de radiação disponível, do quanto essa é interceptada, do quanto é convertida em biomassa e do quanto é particionada para as estruturas de interesse econômico, o que obedece a relação fonte-dreno em cada fase da cultura (SILVA et al. 2006). A radiação incidente é dependente da posição geográfica da área produtora e da época de semeadura da cultura. A eficiência de interceptação da radiação, conversão e partição em produtos orgânicos depende de fatores climáticos como temperatura e disponibilidade hídrica, fatores edáficos como fertilidade do solo, e do manejo com destaque para práticas como a alteração de densidades e do arranjo de plantas na área (SANGOI et al., 2010).

Para a obtenção de altas produtividades na cultura do milho o cultivo deve ser tecnificado, possuir adubações maiores e balanceadas tanto na semeadura como em

cobertura, comprovando que o milho é uma cultura muito exigente e muito responsiva a adubações, principalmente a adubação nitrogenada e que sua alta produtividade está diretamente ligada a um correto método de adubação (CRUZ et al. 2010).

De forma geral, o potencial produtivo do milho pode ser melhor explorado pela adoção de genótipos modernos e melhor adaptado às condições de cultivo, época de semeadura preferencial para a região, adubações eficientes e o emprego de espaçamento e densidade de semeadura que proporcionem o melhor arranjo de plantas e portanto melhor aproveitamento da tecnologia empregada (KAPPES, 2010).

### 2.2.1 Arranjo De Plantas Na Eficiência Produtiva Da Cultura Do Milho

O milho está entre as culturas mais estudadas e melhoradas geneticamente em todo o mundo, alcançando produtividades próximas ao seu potencial máximo. Nesse contexto o arranjo espacial das plantas é fundamental para a obtenção de patamares ainda maiores de rendimento (CALONEGO et al., 2011).

A matéria seca total das plantas comprovadamente aumenta conforme o incremento da fotossíntese líquida, resultante dos efeitos combinados entre fotossíntese total, respiração e fotorrespiração, durante a fase de crescimento da cultura e, tal afirmação é válida para a cultura do milho mesmo que essa tenha menor influência do processo de fotorrespiração (TAIZ; ZEIGER, 2009).

A fotossíntese líquida será maior com a maior eficiência de interceptação da radiação pelas plantas, diretamente influenciada pelas condições ambientais a que estiveram sujeitas, pela população e arranjo espacial de plantas utilizado, pelo número e angulação das folhas em relação ao colmo, pela extensão da área foliar e permanência das mesmas em plena atividade (PALHARES, 2003; SANGOI et al., 2010).

A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do milho é de fundamental importância na produtividade quando os demais fatores ambientais encontram-se em condições favoráveis (OTTMAN; WELCH, 1989). Argenta, Silva e Sangoi (2001b) afirmam que escolher o arranjo de plantas adequado para as condições do cultivo a ser realizado é uma das práticas de manejo mais importantes para quem busca alto rendimento de grãos de milho, pois este afeta diretamente a interceptação da radiação solar, a qual é um dos principais fatores que determinam a produtividade.

Conforme Gonçalves (2008), para a máxima utilização da radiação solar é necessária a adoção de altas densidades de plantas e redução no espaçamento entre linhas para

assim obter área foliar adequada, captar rapidamente a radiação incidente e mantê-la por longo período após o espigamento.

Segundo Rizzardi et al. (1994), o arranjo de plantas se refere a diferentes combinações de espaçamento entre linhas de semeadura e populações de plantas, ou seja, como as plantas estão distribuídas em uma devida área. O melhor arranjo busca proporcionar uma distribuição uniforme das plantas possibilitando a melhor utilização da luz, água e nutrientes. Desta forma, Sangoi et al. (2010) afirmam que com a distribuição equidistante das plantas, estas competem com menor intensidade entre si por nutrientes, água e luz.

Possivelmente a disponibilidade de água seja o fator mais importante para a escolha de arranjo espacial na cultura do milho, sendo desestimulado o incremento na densidade populacional em regiões e/ou épocas em que existe possibilidade de seca, já que esse vêm acompanhado do aumento o índice de área foliar que maximiza a evapotranspiração da lavoura, tornando um déficit hídrico ainda mais prejudicial (MUNDSTOCK, 1977).

Para minimizar danos por falta de água e mesmo para otimizar seu aproveitamento pela cultura, a redução de distância entre fileiras e a manutenção de populações mais elevadas tem sido usuais. A redução do espaçamento entre linhas reduza a competição das plantas pela água por essas estarem melhor distribuídas na área (JOHNSON et al, 1998), e o sistema radicular melhor aprofundado e disposto lateralmente (ARGENTA et al, 2001a; SANGOI, 2012a).

O rápido sombreamento da superfície do solo ocasionado pela utilização de espaçamentos reduzidos minimiza a evaporação superficial da água do sistema no início do ciclo da cultura, além de que essa cobertura precoce do solo reduz o escoamento superficial e a erosão decorrentes de precipitações pluviais intensas nesse período inicial (SANGOI, 2012).

A necessidade nutricional também deve ser levada em consideração para uma escolha de arranjo, pois o milho é muito exigente e responsivo à fertilidade de solo. Essa resposta é mais evidente para o nutriente nitrogênio que pela forma de absorção de fluxo de massa tem direta relação com a disponibilidade hídrica na área, ou seja, a melhor distribuição do sistema radicular das plantas absorve mais água e nutrientes como o nitrogênio por consequência (ARGENTA et al, 2001a; LANA et al, 2009; LANA et al., 2014).

Vale ainda ressaltar que as melhorias no arranjo de plantas tem consequência direta na redução na competição inter e intra-específica pelos fatores produtivos anteriormente citados, seja luz, água ou nutrientes. Isso se baseia num aumento da área foliar por unidade de área ou índice foliar, que ocorrendo no início do desenvolvimento da cultura, faz com que haja uma maior produção de biomassa e essa se traduz posteriormente em

produção de grãos (PALHARES, 2003).

No que tange a competição inter-específica, em relação às plantas daninhas, foi constatada supressão dessas quando se faz uso de arranjo espacial com distância reduzida entre as linhas, isso devido ao maior crescimento inicial da cultura do milho que é favorecida em detrimento das plantas invasoras. Por consequência, a competição entre elas é reduzida, ou o período de competição é reduzido, isso facilita o manejo e contribui para manutenção do potencial produtivo da cultura (BALBINOT JÚNIOR; FLECK, 2005b; ACCIARES; ZULUAGA, 2006; SANGOI, 2012a).

A décadas os genótipos comerciais de milho passam por linhas de melhoramento genético que visam obter genótipos com menor altura da planta e da inserção da espiga, menor esterilidade, menor área foliar por planta, plantas com folhas de angulação mais ereta e elevado potencial produtivo, e isto tornou evidente a necessidade de se reavaliar as recomendações de arranjo de plantas na cultura do milho (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001b; DOURADO NETO et al., 2010; MARCHÃO et al., 2006).

Apesar de há muito tempo os estudos sobre o uso de espaçamento reduzido e maiores populações de plantas na cultura do milho serem realizados, apenas recentemente os agricultores vem adotando estas técnicas em suas lavouras (KAPPES, 2010). É importante ressaltar que os resultados positivos são frequentes na associação dessas práticas, ou seja, redução de espaçamento e uso de densidades populacionais maiores (PEREIRA et al, 2008; STACCIARINI et al., 2015). Serpa et al. (2012) relatam que modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica que foram incorporadas nas plantas pelos programas de melhoramento, aliadas as mudanças no manejo da cultura podem proporcionar altos rendimentos.

### 2.2.2 Densidades De Plantas

Dentre as formas de interferência no arranjo espacial da cultura do milho, as modificações na densidade populacional mostram-se mais efetivas na alteração de rendimento por área, que responde a pequenas variações na população (SANGOI, 2001).

Essa sensibilidade a alterações na densidade populacional se deve à baixa capacidade de emissão de perfilhos no milho, baixa prolificidade, limitada capacidade de expansão foliar e característica floral monóica da cultura do milho (SANGOI et al., 2011). Além disso, os componentes de rendimento e a massa do grão, não possuem plasticidade suficiente para compensar reduções no número de plantas (EMYGDIO; TEIXEIRA, 2008) e,

isso resulta em um intervalo estreito de população em que a cultura possui um bom resultado produtivo. Assim, definir a população mais adequada ao tipo de cultivo e nível tecnológico empregados é de fundamental importância para o sucesso da cultura de milho.

Segundo Mundstock (2005), altos rendimentos na cultura do milho somente serão obtidos com adequado número de plantas por unidade de área. O número ideal de plantas por área deve ser determinado levando em consideração a disponibilidade hídrica da região, a fertilidade do solo, a cultivar a ser utilizada, a finalidade do cultivo do milho, a latitude da área e a época de semeadura da cultura (SANGOI, 2012a).

Em relação à disponibilidade hídrica, é ressaltada a sensibilidade da cultura ao estresse hídrico, principalmente no período de florescimento. Nesse contexto é possível inferir que quando existe risco de falta de água, a densidade deve ser menor, pois em caso de restrição hídrica, maiores populações que tem maior índice de área foliar, sofrerão mais com o estresse e isso estimula a assincronia floral da cultura, gerando prejuízos mais evidentes à produtividade de grãos (SANGOI, 2007). No que diz respeito ao aspecto nutricional, considerada a exigência do milho, principalmente do nitrogênio, altas populações por hectare devem receber maior suplementação nutricional (AMARAL FILHO et al., 2005). Fontoura e Bayer (2008) relatam que a densidade ótima tem correlação direta com a disponibilidade de nitrogênio fornecido na semeadura.

O genótipo escolhido também influi diretamente na escolha da população e, os genótipos disponíveis no mercado, na sua maioria os híbridos, apresentam menor porte e altura de inserção da espiga, precocidade e tolerância à patógenos. Essas características favorecem o adensamento da lavoura já que as plantas mesmo produzindo menos individualmente, incrementam a produtividade pelo maior número de espigas colhidas por área (SANGOI, 2012). O mesmo autor se baseia nessa informação de precocidade dos materiais atuais, para indicar que a latitude onde se localiza a região produtora deve ser levada em consideração, já que quanto maior a latitude, menor a duração da estação de crescimento, então nessa condição que é encontrada no sul do país, deve-se aumentar a densidade populacional e utilizar híbridos precoces, para compensar a menor produção individual e obter alto rendimento de grãos por hectare.

Por fim a época de semeadura é outro fator que direciona a escolha da densidade populacional, principalmente em regiões de maior latitude, sendo que em semeaduras precoces onde as condições de temperatura e luminosidade ainda são ideais exigem maiores densidades, pois o maior número de indivíduos por área favorece o aproveitamento dos fatores produtivos que vão se tornando mais abundantes com o passar do

ciclo da cultura, oposto a isso ocorre em semeaduras tardias, onde se restringe a utilização de maiores populações (PIANA et al., 2008; SILVA et al., 2010).

A população de plantas utilizada no Brasil foi relatada por Sangoi et al, (2010) como variável entre 50.000 e 80.000pl<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, com menores populações recomendadas em condições restritivas e as maiores em manejo tecnificado aliado a boas características edafoclimáticas da área. Porém existem variações quanto ao produto desejado, então nem sempre o ideal é a maior produção de grãos por área. Em trabalho realizado por Rocha, Fornasieri Filho e Barbosa (2011), quando o objetivo foi a produção de espigas para comercialização de milho verde, a densidade que melhor se adequou foi a de 50.000 plantas, considerada baixa para produção de grãos.

Dourado Neto; Fancelli; Lopes (2001) salientam que o rendimento de grãos na cultura do milho por unidade de área aumenta linearmente com o aumento da população de plantas, até um ponto denominado “crítico”, o qual varia entre os diferentes híbridos. Esse aumento linear se dá devido à produção de grãos por unidade de planta permanecer constante. Nesta faixa de população que antecede o ponto crítico, não há competição intraespecífica por água, luz e nutrientes, assim, a produção de grãos por unidade de planta permanece constante.

Conforme Dourado Neto et al, (2010), acima da população crítica, devido à competição ocorrida entre as plantas de milho, a produção por planta decresce e o rendimento de grãos por área apresenta comportamento quadrático. Assim, determina-se o ponto denominado ponto de máxima produção por área ou produtividade máxima, ou seja, a população ideal para a combinação genótipo-ambiente. Em populações além desse ponto de máxima produção por área, a perda de produção individual é superior ao ganho com aumento de plantas por área, proporcionando redução no rendimento de grãos por hectare.

Em alguns casos devido a peculiaridade da interação ocorrida entre híbridos e ambiente, o rendimento pode ser acrescido conforme o aumento da população de plantas sem que este atinja o ponto crítico, como observado em trabalhos realizados por Marchão et al. (2005); Casa et al. (2007) e Kappes et al. (2011), ressaltando-se que maiores populações poderiam ter sido utilizadas até que a curva de produtividade alcançasse o ponto de inflexão e se obtivesse o máximo produtivo referente a população ideal.

Por outro lado, com a utilização de baixas densidades de plantas se reduz a interceptação da radiação solar por área, favorecendo a produção de grãos por planta, ou seja, a produção individual por planta é a maior possível, porém o rendimento de grãos por área é reduzido (SANGOI, 2011).

A literatura relata as vantagens da utilização de densidades maiores, seja na interceptação da radiação solar (ARGENTA et al., 2001a; SANGOI et al., 2010), na

otimização de absorção da água (TOKATLIDIS et al., 2011) e dos nutrientes, com destaque para o nitrogênio (MELO; CORA; CARDOSO, 2011; AMARAL FILHO et al, 2005), maior desenvolvimento inicial das plantas que favorece a formação do estande e a produção de biomassa por planta, assim como vantagens competitivas com as plantas daninhas (SANGOI, 2012a). Esses relatos são seguidos de uma superioridade produtiva alcançada pela prática de adensamento da cultura do milho como observado por Flesh e Vieira (2004); Casa et al. (2007); Sangoi et al. (2007); Brachtvogel et al. (2009); Melo, Cora e Cardoso, (2011); Kappes et al. (2011) e Sangoi et al. (2011) e Tokatlidis et al., (2011).

Porém são contatadas também algumas desvantagens da prática de incrementar a densidade populacional na cultura do milho. Sangoi et al. (2010) citam que o incremento da densidade de plantas reduz a disponibilidade de fotoassimilados para a fase de enchimento de grãos e a manutenção das demais estruturas do vegetal. Ainda, segundo os autores, o aumento da população reduz o tamanho das espigas, no entanto essa é compensada na produção pelo aumento do número de plantas por área. Da mesma forma, mesmo com o aumento da produtividade, o acréscimo no número de plantas por unidade de área normalmente afeta de forma negativa alguns componentes de produção como massa de mil grãos, número de grãos por espiga e número de espigas por planta (PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003; KAPPES, 2010).

Conforme o genótipo escolhido, os efeitos da densidade populacional podem ser diferenciados, onde os híbridos tardios e de porte alto, que produzem maior quantidade de massa verde, geralmente não se beneficiam dos menores espaçamentos ou aumentos na densidade de plantas, pois possuem grande desenvolvimento vegetativo e logo no início de seu ciclo já estarão sombreando as plantas vizinhas (KAPPES et al., 2011).

O uso de maiores densidades de plantas também acarreta malefícios aos cultivos resultando em plantas mais altas com colmos mais finos (SANGOI et al., 2002; PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003) e juntamente com a maior distância entre o ponto de inserção das espigas no colmo e o solo (ARGENTA et al., 2001a), acabam favorecendo o acamamento da cultura (FORNASIERI FILHO, 1992; KAPPES, 2010). Segundo Tollenaar et al. (1994), exageros na população de plantas resultam em aparato fotossintético insuficiente para a manutenção de todos os drenos, o que acaba levando os tecidos da raiz e da base do colmo a senescerem precocemente, fragilizando estas regiões, favorecendo ainda mais o acamamento.

Ainda como desvantagem há o favorecimento do desenvolvimento de patógenos quando se trabalha em populações muito altas, conforme Silva et al, (2012) que

trabalhou com 78.000 e 100.000 plantas  $ha^{-1}$  em cultivo de segunda safra e, na maior população relataram maior prejuízo por ocorrência de doenças foliares.

Na maioria dos trabalhos que buscam definir uma população ótima para cultura de milho com híbridos de elevado potencial produtivo, os máximos rendimentos de grãos foram alcançados com altas densidades populacionais, 70.000 a 80.000 plantas  $ha^{-1}$  (AMARAL FILHO et al., 2005; DEMÉTRIO et al., 2008; FARINELLI et al., 2012; ROSSATO JÚNIOR et al., 2013).

Desta forma, fica evidente que a recomendação de populações de plantas acima de 70.000 plantas  $ha^{-1}$  pode ser adotada em ambientes favoráveis visando elevar as produtividades da cultura, desde que sejam usados híbridos tolerantes ao acamamento (ALMEIDA et al., 2000; MARCHÃO et al., 2005). Com base nisso, Kappes et al. (2011) citam que em condições de ambiente favorável, o potencial dos genótipos modernos de milho, pode estar sendo subestimado.

### 2.2.3 Espaçamentos Entre Linhas

Durante quase todo o século passado as lavouras de milho no Brasil foram conduzidas em espaçamentos variando de 0,7 a 1 m, isso basicamente devido ao adequado funcionamento dos equipamentos necessários na semeadura, manejo e colheita da cultura (SANGOI, 2012a). Atualmente porém, a opção de espaçamento reduzido que chega até aos 45 cm entre linhas, que é uma opção para a melhor distribuição das plantas na área. Isso só foi possível devido aos grandes avanços na mecanização agrícola, que disponibilizaram no mercado diversos modelos de semeadora que permitem o ajuste em vários espaçamentos, bem como plataformas adaptáveis às colhedoras que possibilitam a colheita na condição de menor espaçamento (PALHARES, 2003).

O uso dos espaçamentos reduzidos se deve também ao desenvolvimento de genótipos de milho mais tolerantes as altas densidades e herbicidas seletivos (MODOLO et al., 2010). Esses genótipos se adaptam melhor a redução de espaçamento entre linhas devido ao menor porte, arquitetura de plantas adaptada, menor esterelidade das plantas e menor intervalo entre pendoamento e espigamento (STACCIARINI et al., 2015). Balbinot Júnior; Fleck (2005a) também afirmam que ocorre maior desempenho no rendimento de grãos com a redução do espaçamento entre linhas, principalmente com híbridos superprecoces e de porte baixo.

Em estudo realizado por Kappes et al. (2011), a redução no espaçamento entre linhas de 90 para 45 cm não afetou a produtividade de grãos na maioria dos híbridos, visto que esses possuíam arquitetura foliar convencional. Já a redução de espaçamento entre linhas para o híbrido com arquitetura foliar diferenciada (ereta) proporcionou incrementos de 15% ao cultivo.

O arranjo espacial com a aproximação entre as linhas estimula as taxas de crescimento no início do ciclo das plantas, incrementando a interceptação da luz incidente no dossel e aumenta a eficiência de seu uso logo no início do cultivo (PALHARES, 2003; SANGOI, 2012; LANA et al., 2014).

Com espaçamentos maiores (90cm), ocorre maior sombreamento entre as plantas na linha enquanto grande parte da luz é perdida nas entrelinhas, chegando a superfície do solo e não as plantas de milho. Já com espaçamento reduzido (45cm), a luz atinge maior número de plantas não ocorrendo sombreamento nem perda de radiação incidente entre as linhas de plantas (CECCON et al., 2014; FOLONI et al., 2015)

Reduzindo-se o espaçamento entre as linhas de plantas e mantendo a mesma população por área, há maior espaçamento entre as plantas na linha, e dessa forma, redução da competição entre plantas pela água, luz e nutrientes, portanto, aumenta-se a necessidade de adubação com nutrientes de maior mobilidade no solo como nitrogênio e potássio (VON PINHO et al, 2008; LANA et al, 2014; MADDONNI e MARTINEZ-BERCOVICH, 2014). Essas vantagens ao desenvolvimento das plantas podem resultar em incremento de características vegetativas como diâmetro do colmo e reprodutivas como a prolificidade que proporcionam uma maior produção por indivíduo (TAKASU et al. 2014).

Silva et al, (2014) relatam que o espaçamento reduzido de 45 cm entre linhas apresentou superioridade de cerca de 17% em relação ao espaçamento convencional (90cm), isso suportado pelo incremento do componente de rendimento número de grãos por fileira nas espigas.

Ion et al. (2014) relatam incrementos na biomassa das plantas de milho em resposta à utilização de espaçamento reduzido entre linhas, porém o incremento da produtividade é dependente da associação com maiores densidades populacionais. Tal informação se relaciona com o que foi verificado por Rezaeian et al, (2014), em que a produção de silagem foi estimulada pela redução do distância entre fileiras. Outra opção da redução do espaçamento entre linhas é a utilização de linhas duplas, que proporciona as mesmas vantagens anteriormente citadas (MODOLO et al., 2015).

Existem porém algumas limitações à utilização do espaçamento reduzido na

cultura do milho. Seja pelo não incremento da produtividade reportado por alguns trabalhos como de Flesch e Vieira, (2004). Como pelo aumento do custo de produção devido ao manejo de semeadura exigir mais do maquinário e esse precisa também ser adaptado. Além de dificultar alguns manejos como a incorporação de fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura e do próprio manejo fitossanitário que exige maior cuidado na escolha de maquinário adaptado para aplicações em pós-emergência considerando as linhas agora aproximadas (SANGOI, 2012b).

#### 2.2.4 Genótipos Modernos De Milho

O genótipo pode ser considerado como o conjunto de genes, e o fenótipo a expressão de características no organismo decorrente da relação entre seus genes e o ambiente (JUSTINA; MEGLHIORATTI; CALDEIRA, 2012). Na cultura do milho, o aumento da produtividade agrícola passa pelo melhoramento vegetal, através do desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas a região em que se irá cultivar. O milho apresentou o maior incremento produtivo dentre os cultivos desde a segunda metade do século XX, isso para as mais variadas regiões do globo terrestre (SANGOI et al., 2002; MARCHÃO et al., 2005).

Duarte (2004) relatou que inúmeros programas de melhoramento dedicam-se a este cereal, buscando a obtenção de variedades e híbridos mais produtivos e adaptados às condições ambientais adversas. Segundo Cruz et al. (2009), de modo geral o genótipo é responsável por 50% do rendimento final da cultura.

Já conforme relatado por Costa et al. (2015), o melhoramento genético de milho têm selecionado genótipos com elevada resposta produtiva sob elevadas densidades populacionais, de 80 mil a 100 mil plantas por hectare, e sob espaçamentos entre linhas reduzidos. Afirmam ainda que é preciso estudos referentes ao manejo agrotecnológico da cultura, para a maximização do potencial produtivo destes novos materiais.

Conforme Cruz, Pereira Filho e Queiroz (2016), estão disponíveis 478 cultivares, 186 convencionais e 292 transgênicas, e do total apenas 320 são materiais genéticos distintos, sendo 158 variações de eventos transgênicos. Desses genótipos cerca de 60% são híbridos simples, 19% triplos, 11% duplos e 10% variedades, top cross e intervarietais. Quanto ao ciclo desses materiais, cerca de 66% são precoces, 24% hiper e superprecoces e 10% semiprecoces e normais. Em relação ao tipo de grão, tem-se cerca de 54% do total de grãos semiduros, 28% de duros e 5% dentados, já quanto a coloração, existe

predomínio de grãos alaranjados (60%), em seguida amarelos (26-35%) e avermelhados (6-7%).

Uma das variáveis importantes na definição do rendimento final do milho é o tipo de cultivar utilizada. A determinação do rendimento de grãos de diferentes tipos de cultivares de milho, em níveis tecnológicos distintos, é ferramenta necessária para a tomada de decisões no manejo e no melhoramento, por possibilitar a identificação dos fatores limitantes (SANGOI et al., 2005).

Dimensionando-se a magnitude dos fatores restritivos ao incremento no rendimento, poder-se-ão definir estratégias de como superá-los ou minimizá-los, por meio da manipulação das condições de ambiente e do manejo da cultura, ou mediante melhoramento genético (BARNI et al., 1995). A combinação desses fatores permitirá maximizar a exploração dos recursos ambientais, buscando otimizar a produtividade das espécies de importância agrícola de forma sustentável (ARGENTA et al., 2003)

Os genótipos disponíveis no mercado, na sua grande maioria cultivares híbridas, principalmente visando em produtores com maior nível de tecnificação, possuem como principais características a precocidade, a reduzida estatura das plantas, a menor área foliar, a maior tolerância à doenças, a maior índice de colheita e a maior responsividade à adubação, principalmente a nitrogenada (SANGOI et al. 2006; SANGOI, 2012b; OLIVEIRA et al. 2013; COSTA et al. 2015).

O conceito dos genótipos atuais (modernos) preve a existência de um grande número de folhas com lâminas eretas e estreitas principalmente acima da espiga, visto que estas são responsáveis por até 80% da matéria seca acumulada nos grãos da cultura (FORNASIERI FILHO, 2007). A mudança na arquitetura foliar (folhas mais eretas) também permitiu aos genótipos modernos manter maiores taxas fotossintéticas das folhas, em alta densidade, em relação aos híbridos clássicos (MARCHÃO et al., 2005), aumentando a eficiência do uso da radiação solar durante o enchimento de grãos, que contribui para o maior rendimentos de grãos por área (SANGOI, 2012; FOLONI et al., 2015).

A maioria dos híbridos de ciclo precoce utilizados no país possui essas características, desta forma, necessitam de maiores densidades para a maximização do rendimento de grãos, por necessitarem de mais plantas para atingir índice de área foliar capaz de potencializar a interceptação solar (KAPPES, 2010; SILVA et al., 2014).

Por outro lado, Magalhães e Paiva (1997) ressaltam que, mesmo com uma melhor interceptação da luz, esses genótipos, podem apresentar limitações para produção de fotoassimilados, onde sua maior capacidade produtiva estaria ligada diretamente com a

habilidade de mobilizar e armazenar produtos fotossintetizados nos grãos e não na capacidade de produzir metabólitos.

Em estudo com híbridos de diferentes arquiteturas foliares, Palhares (2003) observou que em alta população de plantas (90.000 plantas ha<sup>-1</sup>), a redução de espaçamento entre linhas de 80 para 40 cm teve efeito positivo no rendimento de grãos dos híbridos que apresentavam arquitetura foliar aberta, devido a otimização da interceptação da luz. Nas populações de plantas até 60.000 plantas ha<sup>-1</sup>, o rendimento foi crescente conforme o aumento no número de plantas por área, independente do híbrido. Com o aumento de 60 para 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>, o híbrido de arquitetura foliar ereta apresentou incremento de rendimento de grãos, o híbrido de arquitetura com angulação semi-ereta apresentou tendência a estabilizar o rendimento de grãos e o híbrido de arquitetura com angulação foliar aberta apresentou tendência a estabilizar ou reduzir o rendimento de grãos.

Kappes (2010), estudando o uso de diferentes populações de plantas em híbridos com diferentes arquiteturas foliares, identificou um ajuste quadrático do rendimento de grãos do híbrido XB 7253 (arquitetura de angulação semi-ereta) quando submetido as populações de 50, 60, 70, 80 e 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>, já para o híbrido AG 9010 (arquitetura ereta) a produtividade de grãos apresentou incrementos lineares conforme o aumento na população de plantas, não se obtendo ponto crítico de máxima produtividade mesmo com o uso de 90.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Ainda no que diz respeito a utilização de genótipos modernos em altas densidades populacionais, Costa et al. (2015) verificaram maiores respostas produtivas dos genótipos estudados na população de 83.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Fato confirmado por Foloni et al. (2015) que ao trabalhar com diferentes híbridos de milho na segunda safra, verificaram maiores produtividades da maioria dos genótipos no intervalo populacional de 70 a 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Com relação à maior resposta dos genótipos atuais à adubação, essa informação foi confirmada por Kappes et al. (2014), que trabalhando com doses crescentes de nitrogênio (0 a 150 kg ha<sup>-1</sup>) e o híbrido BG7049, obtiveram resposta também crescente de produtividade conforme se acresceu a adubação nitrogenada. Desempenho semelhante foi observado por Sangoi et al. (2011), que trabalhando com nível um pouco superior de nitrogênio (200 kg ha<sup>-1</sup>) e o híbrido P30F53 novamente obteve incremento produtivo em resposta a adubação nitrogenada. Níveis altos de nitrogênio trabalhados por Gazola et al. (2014) também demonstraram efetividade no incremento produtivo da cultura do milho.

Destaca-se portanto nos genótipos modernos de milho cultivados que os

maiores desempenhos produtivos tem sido obtidos de forma geral pela utilização de híbridos simples (ARNHOLD et al., 2010), condições modernas de arranjo espacial, seja por maiores densidades populacionais ou menores espaçamentos entre linhas de semeadura (KAPPES et al., 2010; FOLONI et al., 2015; COSTA et al., 2015), além de maiores respostas às adubações nitrogenadas (SANGOI et al., 2011; KAPPES et al., 2014; GAZOLA et al., 2014).

### 2.3 REGULADORES DE CRESCIMENTO VEGETAL

São substâncias químicas de origem natural ou sintética que podem ser aplicadas diretamente para alterar os processos vitais ou estruturais, por meio de modificações no balanço hormonal das plantas (FERRARI et al., 2008). Eles atuam como sinalizadores químicos na regulação do crescimento e desenvolvimento de plantas, normalmente ligam-se a receptores na planta e desencadeiam uma série de mudanças celulares, as quais podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos.

A ação dos reguladores de crescimento pode se dar de duas formas: direta, provocando mudanças físicas nas estruturas celulares ao interagir com elas ou, indireta, interferindo com o caminho metabólico que conduz a um determinado tipo de estrutura (HERTWIG, 1992).

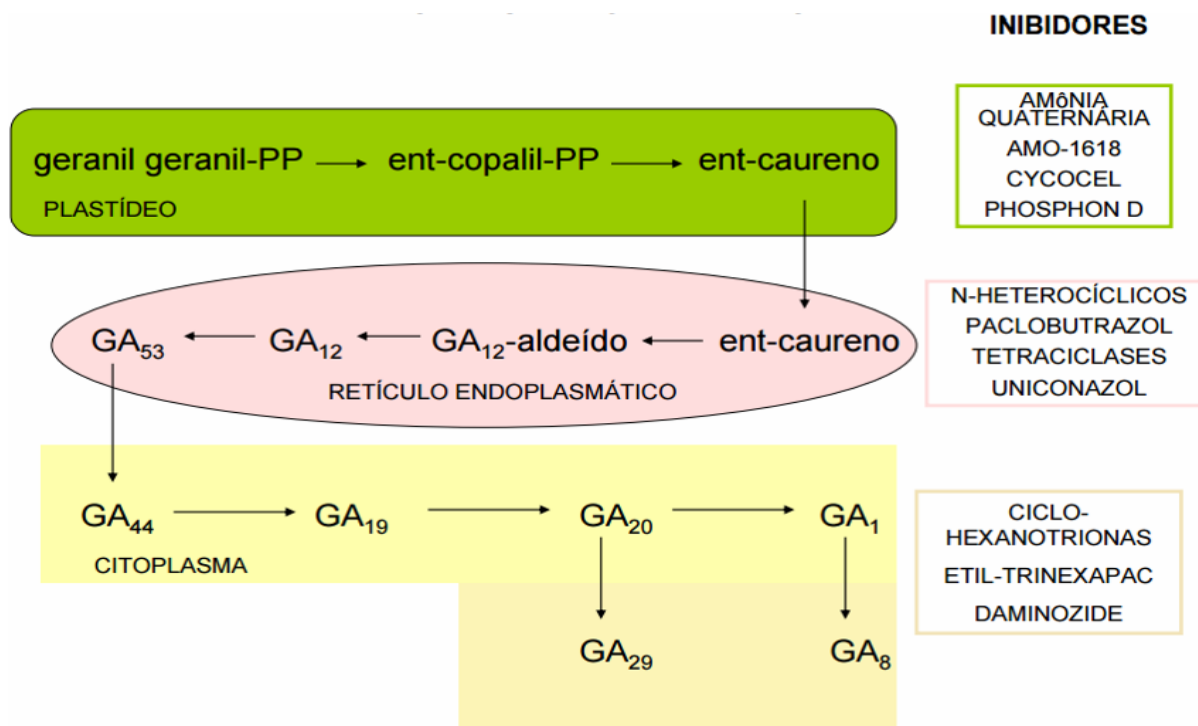
Hormônios vegetais, como auxinas, citocininas e giberilinas são compostos reguladores de crescimento produzidos pelas plantas. As giberelinas, estimulam tanto a divisão quanto a alongação celular (TAIZ; ZEIGER, 2009). A ação mais evidente deste composto é observada no crescimento das plantas, especialmente no alongamento do caule (FLOSS, 2004). Em gramíneas as giberelinas atuam no alongamento dos entrenós, agindo no meristema intercalar, o qual está localizado próximo a base do entrenó, que produz células derivadas para cima e para baixo (TAIZ; ZEIGER, 2009). Estes autores ainda afirmam que a Giberelina GA1 é a forma biologicamente ativa, que regula a altura de diversas plantas, inclusive as de milho.

A denominação redutor e/ou inibidor de crescimento é utilizada pela indústria de agroquímicos para se referir a reguladores sintéticos de plantas, os quais são aplicados de forma exógena, sendo estes diferentes dos reguladores de crescimento endógenos (DAVIES, 2007). Os reguladores de crescimento, normalmente são antagonistas às giberelinas e agem modificando o metabolismo destas (TREHARNE et al., 1995; RAJALA; PELTRONEN-SAINIO, 2001).

Dentre os reguladores de crescimento que atuam na rota de síntese da

giberelina tem-se as amônias quaternárias, o paclobutrazol e o trinexapac-ethyl. Todos esses agem inibindo a síntese das giberelinas, se diferenciam porém com relação ao ponto em que interferem na rota, em relação aos reguladores supramencionados, a ação se dá no plastídeo (ciclases), no retículo endoplasmático (P450 mono-oxigenases) e no citoplasma (dioxigenases), respectivamente, como pode ser visto na Figura 2.3.1.

**Figura 2.3.1** – Esquema da rota de biossíntese das giberelinas e a relação de reguladores de crescimento que atuam em cada fase. Adaptado de Kerbauy (2004).



O trinexapac-ethyl é um dos reguladores vegetais que atua interferindo na biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002). Age nas plantas reduzindo a alongação dos entre nós no estágio vegetativo, interfere no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico, pela inibição da enzima 3 β-hidroxilase, reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA1) e, assim, aumentando seu precursor biossintético imediato GA20 (DAVIES, 1987).

Heckman et al. (2002), ainda afirmam que o uso de trinexapac-ethyl pode inibir parcialmente o transporte de elétrons nas mitocôndrias, reduzindo desta forma a respiração celular, o que indica uma outra função potencial para o uso deste composto.

Na sua formulação comercial, o produto Moddus<sup>®</sup> apresenta 250 g L<sup>-1</sup> de trinexapac-ethyl (4-ciclopropil (hidróxi) metileno-3,5-dioxociclohexano carboxilato de etila).

O trinexapac-ethyl apresenta classe toxicológica III e formulação concentrada emulsionável. Nas plantas, é absorvido predominantemente pelas folhas e gemas terminais, sendo a absorção radicular muito limitada. A translocação é relativamente rápida e os sintomas de inibição do crescimento podem ser observados em até 48 horas após a aplicação. Atua seletivamente através da redução do nível de giberelina ativa, induzindo a planta a uma inibição temporária ou redução na taxa de crescimento, sem afetar o processo de fotossíntese, a integridade da gema apical e o volume de massa radicular (FREITAS et al., 2002).

### 2.3.1 Uso De Reguladores De Crescimento Vegetal Na Agricultura

A utilização de reguladores de crescimento tornam as plantas mais tolerantes a fatores de estresse e, conseqüentemente, podem se desenvolver mais vigorosamente em tais condições, permitindo melhores chances de atingir seu potencial genético de produtividade (CASTRO; VIEIRA, 2001). Geralmente, os reguladores são aplicados com a finalidade de aumentar a produção e a qualidade ou facilitar a colheita (LAMAS, 2001; MATEUS et al., 2004; FERRARI et al., 2008). Podem ainda ser utilizados para reduzir o crescimento indesejável da parte aérea das plantas, sem reduzir sua produtividade (RADEMASCHER, 2015).

Sua atuação na fisiologia da planta, altera características da arquitetura e porte, facilita tratos culturais, reduz a propensão ao acamamento, propicia aumento de densidade, e redução de espaçamentos, além de aumentar a eficiência do uso de recursos como água e radiação solar e assim, aumentar a produtividade (ZAGONEL; FERREIRA, 2013, ZHANG et al. 2014).

O emprego crescente dos reguladores de crescimento como técnica agrônômica para otimizar as produções em diversas culturas tem se mostrado eficiente. Mundialmente os reguladores de crescimento vem ganhando espaço nos sistemas produtivos agrícolas. O uso na fruticultura é relatado por Greene et al., (2002) no cultivo da macieira, onde observou-se benefícios às características dos frutos como a coloração, redução da incidência de patógenos e redução da altura e volume da copa, facilitando o manejo da cultura. Na cultura da videira resposta semelhante foi obtida com o uso da prohexadiona de cálcio por Villar et al. (2011), que verificaram redução do crescimento dos ramos e incremento na produtividade de bagas.

Kappes et al. (2011) observaram efeito de redução no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de crotalária, utilizando três reguladores de crescimento.

Reguladores de crescimento como o trinexapac-ethyl podem ainda ser utilizados como maturadores, na cana-de-açúcar na África do Sul (HEERDEN, 2013). O trinexapac-ethyl é um regulador de crescimento seletivo, recomendado para aplicação na cultura da cana-de-açúcar, visando a aceleração dos processos de maturação da planta e acúmulo de sacarose no colmo. Também foi relatada redução efetiva do porte de grama esmeralda por reguladores de crescimento (MARCHI et al., 2013).

O feijoeiro também apresenta respostas morfológicas, como redução de porte, à aplicação de reguladores como cloreto de mepiquate e o trinexapac-ethyl (SOUZA et al., 2015). Em arroz verificou-se redução do porte, e efeito negativo sobre os componentes de rendimento e a massa de grãos da cultura (ALVAREZ et al., 2007).

Em cultivos de grãos nos países europeus, os reguladores vegetais são utilizados como parte integral do sistema de produção visando reduzir riscos de acamamento das culturas devido excesso de chuvas e ventos (RADEMASCHER, 2015). De forma semelhante, Reddy, Reddy e Hodges (1990), afirmam que o uso de reguladores vegetais torna-se inevitável em cultivos com áreas que apresentam condições de alta umidade e adequada disponibilidade de nutrientes.

Redução de porte e alteração da arquitetura, foram observadas também no Brasil, com utilização do regulador de crescimento trinexapac-ethyl, principalmente para a cultura do trigo, que resultou em aumento de produtividade (ZAGONEL, 2002).

Em alguns casos, como relatado por Pagliosa et al. (2013), não foi verificado efeito do regulador de crescimento sobre a produtividade de grãos de trigo, e houve ausência de efeito sobre o crescimento das plantas em caso de restrição hídrica.

Segundo Hertwig (1992) o uso de reguladores inibidores de giberelinas podem aumentar o rendimento das culturas devido a redução do acamamento, devido ao encurtamento e engrossamento do caule das plantas tratadas, bem como, pelo crescimento radicular mais vigoroso e as folhas se tornar mais curtas, largas e horizontais. Barret (1992) também cita que estes inibidores promovem a redução dos internódios, sem reduzir seu número, redução no tamanho das folhas, as quais ficam mais verdes e fortes.

Em experimento realizado com a cultura da aveia branca e o regulador de crescimento trinexapac-ethyl, foi verificada a redução do porte das plantas, assim como diminuição da ocorrência de acamamento, sem prejuízos ao rendimento de grãos (HAWERROTH et al., 2015).

Na cultura do algodoeiro, verificou-se que a aplicação de regulador vegetal cloreto de mepiquate, é eficiente em limitar o crescimento em altura, precocidade, além de

proporcionar a maior produtividade (SHAHR et al., 2015). Resultado semelhante foi relatado por Ferrari et al. (2014), em que o rendimento do algodoeiro somente foi incrementado quando a aplicação do regulador cloreto de mepiquate foi realizada em duas aplicações e a cultura estava sob maior densidade e menor espaçamento entre linhas.

Souza et al. (2015) trabalhando com mandioca irrigada observaram que o cloreto de mepiquate aumentou a produtividade de amido e farinha de plantas irrigadas por todo o ciclo. No entanto na condição de sequeiro o desempenho da mandioca foi oposto, o que demonstra direta relação da condição ambiental e a eficiência do uso do regulador de crescimento vegetal.

Campos (2005), em trabalhos com a aplicação de reguladores vegetais na cultura da soja, concluiu que estes podem ser excelentes ferramentas, podendo influenciar de forma positiva no número de ramificações, no florescimento, no número de vagens, no enraizamento, na área foliar e no teor de clorofila das folhas.

Penckowski (2009) verificou que a aplicação de trinexapac-ethyl em plantas de trigo promove incrementos nos teores de celulose nas células das plantas tratadas. Segundo o autor, devido ao fato deste regulador proporcionar maior resistência das plantas ao acamamento, o uso deste tem permitido, em alguns casos, o uso de adubação nitrogenada mais elevada e, conseqüentemente, maior exploração da capacidade produtiva.

Para trigo, além da redução na altura, mesmo na ausência de acamamento o trinexapac-ethyl promoveu aumentos de rendimento devido a modificação na arquitetura foliar das plantas, deixando essas mais compactas e com melhor aproveitamento da interceptação da radiação solar (FERNANDES, 2009).

Conforme Penckowski (2009) em torno de 15 à 20 dias após a aplicação de trinexapac-ethyl se faz possível observar em trigo, os efeitos do regulador sobre a inclinação das folhas, deixando estas eretas, o que resultará em melhor aproveitamento da radiação solar. O mesmo cita que trabalhos realizados com o uso de trinaxapac-ethyl e a simulação de diferentes níveis de sombreamento, mostrou que as plantas tratadas com o regulador mudaram sua arquitetura foliar e puderam aproveitar melhor a radiação, o que resultou em ganhos significativos de produtividade. Esse comportamento das folhas das plantas de trigo em resposta ao regulador também foi observado por Marco Júnior et al. (2013).

O trinexapac-ethyl é também comumente usado em gramados visando reduzir seu crescimento, melhorar a qualidade, sua tolerância a pouca luz e o comprimento das raízes (BUNNELL; MCCARTY, 2004).

Na cultura da cana-de-açúcar, além de reduzir o porte das plantas e o

acamamento, o trinexapac-ethyl também aumenta o rendimento de açúcar sem impacto negativo na qualidade do caldo, conteúdo de fibras e peso da cana (RESENDE et al., 2001; ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Em cevada, segundo Amabile et al. (2004), promove a redução da severidade de manchas foliares e aumenta o rendimento de grãos da cultura.

Devido sua forma de ação, o trinexapac-ethyl é muito utilizado em cereais de inverno promovendo a redução acentuada no comprimento do colmo, reduzindo assim a altura de plantas e evitando o acamamento (NASCIMENTO et al., 2009; ESPINDULA et al., 2009). A redução da suscetibilidade da cultura ao acamamento se deve ao encurtamento dos entrenós aliado a maior densidade dos tecidos o que proporciona melhor rigidez ao caule (FERNANDES, 2009; ESPINDULA et al., 2009).

### 2.3.2 Uso de Reguladores de Crescimento da Cultura do Milho

O cultivo do milho é altamente tecnificado e valoriza as inovações no sistema produtivo, visando ganhos em produção, mas deve-se atentar para os reais ganhos com a incorporação de novos produtos ao sistema de produção (FERREIRA et al., 2007).

Trabalhos como os de Dourado Neto et al. (2004) e Ferreira et al. (2007), tratam do uso de reguladores vegetais na cultura do milho, com propósito de estímulo aos efeitos hormonais sobre a cultura. Ambos estudaram os efeitos do bioestimulante Stimulate<sup>®</sup> (Citocinina + Ácido indol-butílico + Ácido giberélico) sobre a cultura do milho, sendo que somente o primeiro observou incrementos na produtividade, atribuído ao maior desempenho vegetativo.

Estudos com o uso de reguladores de crescimento são escassos para milho. Isto se deve possivelmente pelo fato de que na maioria das vezes, esses compostos são utilizados visando reduzir a possibilidade de acamamento, fato esse cada vez menos decorrente no cultivo do milho visto que há genótipos mais adaptados. Entretanto, modificações no arranjo de plantas como o aumento de densidade populacional e redução do espaçamento entre linhas, anteriormente citados, possibilitam a ocorrência de acamamento e o uso de reguladores de crescimento pode ser uma opção viável nesses casos (SERPA et al., 2012).

Moro e Castro (1984) observaram redução na altura de plantas de milho com a aplicação de etefom (2-chloroethylphosphonic acid). Kasele et al. (1994) e Sagral e Parrish (1990), salientam a possibilidade de que em condições de seca o uso de reguladores de crescimento podem reduzir a evapotranspiração na cultura do milho. Castro e Kluge (1999),

afirmam que é de se esperar que a aplicação de reguladores vegetais que elevem a evapotranspiração em condições adequadas de suprimento de água, alterem positivamente o rendimento de grãos.

Em trabalho realizado por Guimarães et al. (2009), os autores estudaram duas épocas de aplicação e cinco doses de trinexapac-ethyl (0, 150, 225, 300, 375 g de i.a. ha<sup>-1</sup>) na cultura do milho e constataram que as doses do regulador reduziram a altura das plantas e aumentaram o diâmetro do colmo, contudo, não foram observados benefícios em relação a massa de grãos por espigas, massa de mil grãos e produtividade.

Zhang et al. (2014) trabalharam com uma mistura de etefom e éter aminoetil hexanoato (DA-6) em dois híbridos e quatro densidades de plantas, e obtiveram aumento médio de 8% no rendimento, 4% no número de grãos por espiga e de 5% na massa de mil grãos. Observaram também aumento do acamamento com o acréscimo na densidade de plantas e o controle desse efeito quando aplicada a mistura (DA-6) contendo o regulador de crescimento etefom.

Schluttenhofer et al. (2012) ao trabalharem com milho para finalidade farmacêutica dentro de casa de vegetação, observou efetividade na redução de porte desejada com a aplicação do regulador de crescimento uniconazole, porém houve também decréscimo no rendimento de grãos nas plantas de milho, e estímulo ao perfilhamento.

Adebisi; Salau e Sosanya (2002) utilizaram etefophon e trinexapac-ethyl na cultura do milho e verificaram efetividade dos reguladores em diminuir o porte das plantas e por consequência o acamamento, porém houve também redução no número de espigas, o que fez com que os tratamentos com reguladores não tivessem produtividade superior à testemunha sem aplicação.

Muthukumar et al. (2007) trabalhando com cloreto de mepiquate e doses de adubação em milho com finalidade de produção de mini-milho, observaram efetivo incremento da absorção de nutrientes como efeito do regulador de crescimento, assim como maior quantidade espigas no tamanho comercial desejado.

Zagonel e Ferreira (2013) avaliando o efeito do regulador de crescimento trinexapac-ethyl em diferentes doses e épocas de aplicação em dois híbridos de milho, constataram que a época de aplicação do trinexapac-ethyl não afetou características agrônomicas e a produtividade dos dois híbridos de milho, porém houve aumento da largura e diminuição do comprimento das folhas com o incremento da dose do produto para um híbrido, sem efeitos substanciais nos componentes da produção e na produtividade.

Ferreira et al. (2014) trabalhando com dessecação e utilização do regulador

de crescimento trinexapac-ethyl em pós emergência do milho, não observaram resposta para as características fitométricas em nenhum dos híbridos na primeira safra, porém com redução da área foliar do híbrido Maximus TLTG na segunda safra.

Pricinotto (2014), trabalhou com doses de trinexapac-ethyl (0 a 400 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e densidades populacionais de milho (40 a 120.000 plantas ha<sup>-1</sup>) de dois híbridos de milho, em espaçamento reduzido de 45 cm entre linhas, e relatou redução do porte das plantas de milho com o uso do regulador trinexapac-ethyl, o composto alterou ainda os componentes de produção, com destaque para o número de grãos por fileira que foi aumentado, porém houve redução na massa de grãos. Além disso o autor relata que houve incremento na produtividade da cultura quando se utiliza o redutor de crescimento em conjunto com maiores densidades populacionais, de cerca de 90.000 plantas por hectare.

Pricinotto et al. (2015), relataram também para a cultura do milho, em condição de casa de vegetação, que o regulador trinexapac-ethyl não alterou o ciclo do milho, incrementou o índice de clorofila e o diâmetro do colmo, reduziu porém a altura das plantas e a produção de grãos por planta. Os autores comentam ainda a possibilidade de novos arranjos de plantas para a cultura com a redução de porte proporcionada pelo regulador vegetal.

Fagherazzi (2015) trabalhou com o regulador trinexapac-ethyl, em estádios fenológicos e cultivares distintas, relata modificação na altura da planta de milho com o incremento na dose do regulador em determinados estádios onde se realizou a aplicação, sendo a menor altura observada na aplicação da maior dose no estádio V7. Além disso houve redução comprovada do acamamento em resposta a aplicação do regulador trinexapac ethyl.

## 2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIARES, H. A.; ZULUAGA, M. S. Effect of plant row spacing and herbicide use on weed aboveground biomass and corn grain yield. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, p. 287-293, 2006.

ADEBISI, M. A.; SALAU, A. W.; SOSANYA, O. S. Effects of growth regulations on growth and seed yield of maize (*Zea mays*) under tropical rain-fed condition. **Moor Journal of Agriculture Research**, v. 3, n. 1, p. 30-36, 2002.

AMARAL FILHO, J. P. R. D.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, s/n, p. 467-473, 2005.

ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. **Modern corn production**. 2.ed. Champaign: A& L Publication, 1982. 371 p.

- ALMEIDA, M.L. et al. 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**, Santa Maria, v.30, n.1, p.23-29, 2000.
- AMABILLE, R.F. MINELLA, E.; VALENTE, C. M. W.; SERRA, D. D. **Efeito do regulador de crescimento Trinexapac-etil em cevada cervejeira irrigada em áreas de cerrado do Distrito Federal**. Platina: Embrapa Cerrados, 2004. 14p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 120).
- ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, v.41, p.1-12, 1995.
- ARAUJO, A. V.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; FERREIRA, I. C. P. V.; COSTA, C. A.; PORTO, B. B. A. Desempenho agrônomo de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 885-892, 2013.
- ARGENTA, G. SILVA, P. D., BORTOLINI, C. G., FORSTHOFER, E. L., MANJABOSCO, E. A., e BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.71-78, 2001a.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p. 1075-1084, 2001b.
- ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. da; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C.; STRIEDER, M.; FORSTHOFER, E. L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agrária**, Piracicaba, v. 4, n. 1-2, p. 27- 34, 2003.
- BALBINOT JÚNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Benefícios e limitações da redução do espaçamento entre linhas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.5, n.1, p.37-41, 2005a.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 245-252, 2005b.
- BARNI, N. A.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H.; RIBOLDI, J. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: II. Produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 201-216, 1995.
- BARRET, J.E. Mecanismos of action, in: Tips on the use of chemical growth regulators on floriculture crops. Ohio, **Ohio Florists Association**, p. 12-18. 1992.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS, 2014, 81p.

- BERNARDON, T. **Componentes da produtividade de grãos de milho (*Zea mays* L.) visando obter parâmetros para agricultura de precisão.** 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Geoinformação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2005.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. D. S.; CRUZ, S. C. S.; BICUDO, S. J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2334-2339, nov. 2009.
- BUNNELL, B.T.; MCCARTY, L.B. Sunlight requirements for ultradwarf Bermuda grass greens. **Golf Course Management**, v. 72, n. 8, p. 92-96, 2004.
- CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N. e TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.
- CAMPOS, M. F. **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill).** 2005. 126p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, UNESP, Botucatu. 2005.
- CASA, R. T.; MOREIRA, E. N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 353-357, 2007.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca.** São Paulo: Nobel, 1999. 126p.
- CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical.** Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 588p.
- CONAB. COMPANHIA BRASILEIRA DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2014/2015: nono levantamento, junho de 2015.** Brasília, 2015. 85p.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. D.; MAGALHÃES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 60-73, 2010.
- CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; PEREIRA FILHO, J. A.; PINTO, L. B. B.; QUEIROZ, L. R. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades.** Sete Lagoas, MG, Dezembro de 2009. 15p.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; QUEIROZ, L. R. **Milho - Cultivares para 2013/2014.** Sete Lagoas, 2016. Disponível em: < <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/> >. Acesso em: 03 de fevereiro de 2016.
- DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: ----- **Plant hormones and their role in plant growth and development.** Netherlands: Kluwer Academic, 1987, p. 1-23.
- DAVIES, P.J. Introduction: The plant hormones: Their nature, occurrence, and Functions. In: -----. **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!** 3.ed. Dordrecht: Springer, 2007. p. 1-6.

- DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O. e CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L.; LOPES, P.P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001, p. 120-125.
- DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; JÚNIOR, P. A. V.; MANFRON, P. A., MARTIN, T. N., BONNECARRÉRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.
- DOURADO NETO, D. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 03, 2010.
- EMYGDIO, B. M.; TEIXEIRA, M. C. C. **Densidade de plantas e espaçamento entre linhas para o híbrido de milho BRS 1015**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 8p. (Circular Técnica, 72).
- ESPINDULA, M.; ROCHA, V. S.; GROSSI, J. A. S.; SOUZA, M. A.; SOUZA, L. T.; FAVARATO, L. F. Use of growth retardants in wheat. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Maize in human nutrition**. 1992, 3p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/t0395e/T0395E01.htm>. Acesso em: 07 de julho de 2014.
- FERNANDES, A. C. **População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo**. 2009. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR, 2009.
- FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; QUEIROZ, D. D. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 80-89, 2007.
- FERREIRA, C.; ZAGONEL, J.; SENGER, M.; DE SOUZA, A. C. Dessecação em pré-semeadura e modos de aplicação de herbicidas em pós-emergência combinados ou não a regulador de crescimento em híbridos de milho. **Revista Eixo**, Brasília, v. 3, n. 1, 2014.
- FERRARI, S.; JÚNIOR, E. F.; FERRARI, J. V.; SANTOS, M. L.; DOS SANTOS, D. M. A. Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de espaçamentos e aplicação de regulador de crescimento. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 365-371, 2008.
- FERRARI, J. V.; FURLANI JÚNIOR, E.; FERRARI, S.; LUQUES, A. P.; DOS SANTOS, D. M.; BENKE, F. Growth and cotton yield over row spacing and growth regulator. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 9, n. 3, p. 359-364, 2014.

FLESCH, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaços e densidades de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 25-31, 2004.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 1.ed. Autor. Passo Fundo, 2004. 528p.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A.; BELLEGGIA, N. A.; TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. D. M.. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 312-325, 2015.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992. 273 p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007, 574 p.

FORSTHOFER, E. L.; SILVA, P. R. F.; STRIEDER, M. L.; MINETTO, T.; RAMBO, L.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SUHRE, E. e SILVA, A. A. Desempenho agrônomo e econômico do milho em diferentes sistemas de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 399-407, 2006.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E. e FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 819-828, 2014.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R. R. e FONSECA, I. C. D. B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 700-707, 2014.

GONÇALVES, M. L. **Desempenho agrônomo de híbridos de milho em função de espaçamentos e densidades populacionais em três locais**. 2008. 68p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon-PR, 2008.

GUIMARÃES, F.S. **Doses e época de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho**. XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP. São José do Rio Preto-SP. 2009. Disponível em: < [http://prope.unesp.br/xxi\\_cic/27\\_02000476120.pdf](http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_02000476120.pdf) > Acesso em: 11 jul. 2014.

GUTIERREZ, M. A. **Microclima e características agrônômicas em diferentes espaçamentos e populações na cultura do milho**. 2010. 76p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal-SP, 2010.

HECKMAN, N. L.; ELTHON, T. E.; HORST, G. L. e GAUSSOIN, R. E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.

HERTWIG, K.V. **Manual de herbicidas desfolhantes, dessecantes e fitoreguladores**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1992. 480p.

- JOHNSON, G.A.; HOVERSTAD, T.R.; GREENWALD, R.E. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 90, n. 1, p. 40-46, 1998.
- JUSTINA, L. A. D.; MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. A. (Re)construção de conceitos biológicos na formação inicial de professores e proposição de um modelo explicativo para a relação genótipo e fenótipo. **Revista Ensaio**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 65-84, 2012.
- KANEKO, F. H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; CHIODEROLI, C. A.; KAPPES, C. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamento reduzido e tradicional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 677-686, 2010.
- KAPPES, C. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas**. 2010. 125 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2010.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. D. C.; ARF, O., OLIVEIRA, Â. C. D., ARF, M. V. e FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas par diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p.348-359, 2011.
- KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R. e GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 201-217, 2014.
- KASELE, I. N.; NYIRENDA, F.; SHANAHAN, J. F.; NIELSEN, D. C. e D'ANDRIA, R. Ethephon alters corn growth, water use, and grain yield under drought stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 2, p. 283-288, 1994.
- LANA, M. D. C.; JÚNIOR, P. P. W.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; AVILA, M. R. e ALBRECHT, L. P. Arranjo espacial e adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, p. 433-438, 2009.
- LANA, M. D. C.; RAMPIM, L.; OHLAND, T.; FÁVERO, F. Spacing, population density and nitrogen fertilization in corn grown in an Oxisoil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, p. 424-433, 2014.
- MADDONNI, G. A.; MARTINEZ-BERCOVICH, J. Row spacing, landscape position, and maize grain yield. **International Journal of Agronomy**, v. 14, p.12, 2014.
- MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção de milho. In: CRUZ, J.C. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo, Embrapa-SPI. 1997. p. 85-92.
- MAGALHÃES, Paulo César; DURÃES, Frederico O. M. **Fisiologia da produção do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica, 76).
- MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M. e GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

- MARCHÃO, R. L., BRASIL, E., XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado: **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 170-181, 2006.
- MARIN, F. R.; PANDORFI, H.; SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, M. B. P. e HERNANDEZ, F. B. T. Perda de produtividade potencial da cultura do sorgo no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 157-162, 2006.
- MELO, F. D. B.; CORA, J. E.; CARDOSO, M. J. Nitrogen fertilization, plant density and maize yield cropped under no-tillage system. **Revista Ciência agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 27-31, 2011.
- MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; TROGELLO, E. e SGARBOSSA, M. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.
- MODOLO, A. J.; MIOTTO JUNIOR, E.; STORCK, L.; VARGAS, T. d. O.; DALLACORT, R.; BAESSO, M. M.; BRANDELERO, E. M. Development and yield of maize (*Zea mays*) under plant densities using single and twin-row spacing. **African Journal of Agricultural Research**, Kenya, v. 10, n. 11, p. 1344-1350, 2015.
- MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília - DF: 2009.
- MORO, J. R.; CASTRO, P. R. C. Ação de reguladores vegetais na morfologia e produtividade do milho (*Zea mays* L.). **Revista de Agricultura**, v. 59, n. 3, p. 301-311, 1984.
- MUNDSTOCK, C. M. **Densidade de semeadura no milho para o Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/ASCAR, 1977. 35p.
- MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 51p.
- NASCIMENTO, V.; ARF, O.; SILVA, M. G.; BINOTTI, F. F. D. S.; RODRIGUES, R. A. F. e ALVAREZ, R. D. C. F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 921-929, 2009.
- NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADO, M. B.; CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, s/n, p. 193-201, 2011.
- OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C. e ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, p. 226-244, 2011.
- OTTMAN, M. J.; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**. Madison, v. 81, n. 2, p. 167-174, 1989.
- PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2003.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. São Paulo: Fundação Cargill, 1978.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L. e FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 56-60, 2003.

PENCKOWSKI, L.H. **Utilizando regulador de crescimento na cultura do trigo: Aspectos importantes para garantir bons rendimentos**. 2ed. Passo Fundo: Fundação ABC. 2009, 60p.

PEREIRA, F. R. D. S.; CRUZ, S. C.; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R. e SILVA, E. T. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 69-74, 2008.

PIANA, A. T.; SILVA, P. D.; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M.; SERPA, M. D. S. e JANDREY, D. B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2608-2612, 2008.

PRICINOTTO, L. F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas**. 2014. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C.; FONSECA, I. C. B.; OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. S.; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-ethyl in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 14, p. 1735-1742, 2015.

RADEMASCHER, W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulators**, v. 34, p. 845-872, 2015.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 5, n. 93, p. 936-943, 2001.

REDDY, V. R.; REDDY, K. R.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride effects on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 2, p. 190-195, 1990.

RESENDE, P. A. P.; SOARES, J. E.; HUDETZ, M. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brasil. **International Sugarcane Journal**. Londres, v. 103, n. 1225, p. 2-6, 2001.

REZAEIAN, M.; PETROUDI, E. R.; MOHSENI, M. e HADDADI, M. H. Effects of row spacing, nitrogen and potassium fertilizer on yield of silage corn after wheat harvesting. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**. Madhapur, v. 4, n. 3, p. 358-361, 2014.

REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C. e FRIZZONE, J. A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 503-511, 2004.

- RITCHIE, S. W. HANWAY, J. J.; BENSON, G. O.; HERMAN, J. C. **How a corn plant develops**: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service 1993.
- RIZZARDI, M.A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, 1994.
- ROCHA, D. R. D.; FORNASIER FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Effects of plant density on yield of green ears of corn cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 392-397, 2011.
- ROSSATO JÚNIOR, J. A. D. S.; CAZETTA, D. A.; BARBOSA, J. C. e FORNASIERI FILHO, D. Popping expansion and yield responses of popcorn cultivars under different row spacings and plant populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 12, p. 1538-1545, 2013.
- SAGARAL, E. G.; PARRISH, D. J. **Effects of ethephon and triggrr on the growth and yield of corn**. Annual meeting of the plant growth regulation society of America, v. 17, 1990. 123p.
- SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001a.
- SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L. D. e HEBERLE, P. C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 861-869, 2001b.
- SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C., Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 3, p. 259-267. 2002.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. d.; GRACIETTI, M. A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 1, p. 25-31, 2005.
- SANGOI, L. et al. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages: Editora Graphel, 2007. 95p.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Editora Graphel, 2010. 87p.
- SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; SILVA, P. R. F.; SCHMITT, A.; VARGAS, V. P.; CASA, R. T. e SOUZA, C. A Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 609-616, 2011.
- SANGOI, L. Estratégias de manejo do arranjo de plantas de milho, in: PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; TSUNECHIRO, A. (Eds.). **Diversidade e inovação na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos**. Campinas: Instituto Agrônomo/Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012a. p.197-214.

- SANGOI, L. Fisiologia do crescimento e desenvolvimento de milho, in: PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; TSUNECHIRO, A. (Eds.). **Diversidade e inovação na cadeia produtiva de milho e sorgo na era dos transgênicos**. Campinas: Instituto Agrônomo/Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012b. p.174-196.
- SERPA, M. S.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M. e MARCHESI, D. R. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro: **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 541-549, 2012.
- SILVA, P.R.F. SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 64p.
- SILVA, M. A. V.; FERREIRA, W. P. M.; ANDRADE, V. M. S. d.; ARAUJO, S. G. d. A. Época de semeadura do milho para a região de Sete Lagoas, MG, baseada na probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 454-458, 2010.
- SILVA, R. R. D.; THEODORO, G. D. F., DE LIBÓRIO, C. B. e PESSOA, L. G. A. Effect of crop density of two genotypes of maize in the severity of gray leaf spot and yield in the second season crop. **SEMINA Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1449-1453, 2012.
- SILVA, A. G.; TEIXEIRA, I. R.; MARTINS, P. D. S.; SIMON, G. A. e FRANCISCHINI, R. Desempenho agrônomo e econômico de híbridos de milho na safrinha. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 8, n. 2, p. 261-271, 2014.
- SOUZA, E. G. F. AND SOUSA, T. P. D. Avaliação de genótipos de milho em diferentes densidades populacionais. **Agropecuária científica no semiarido**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 27-36, 2015.
- STACCIARINI, T. D. C. V. DE CASTRO, P. H. C., BORGES, M. A., GUERIN, H. F., MORAES, P. A. C. e GOTARDO, M. Avaliação de caracteres agrônômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**.4a ed. Editora Artmed. 2009. 820p.
- TOKATLIDIS, I. S.; HAS, V.; MELIDIS, V.; HAS, I.; MYLONAS, I.; EVGENIDIS, G. e FASOULA, V. A. Maize hybrids less dependent on high plant densities improve resource-use efficiency in rainfed and irrigated conditions. **Field Crops Research**, v. 120, n. 3, p. 345-351, 2011.
- TOLLENAAR, M.; CULLOUGH, D. E.; DWYER, L.M. Physiological basis of the genetic improvement of corn. In: SLAFER, G.A. (Ed.). **Genetic improvement of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1994, p.183-236.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JUNIOR, D. J. e LOSS, A. Production, decomposition of residues and yield of maize and soybeans grown on cover crops. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 46, p. 451-459, 2015.
- TREHARNE, K. J.; CHILD, R. D.; ANDERSON, H. e HOAD, G. V. Growth regulation of arable crops. **Plant growth substances**, Berlin: Springer-Verlag, p.343-374, 1995.

USDA: United States Department of Agriculture. **World agricultural production**. 25p. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> (06 de julho de 2015).

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2004.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R. e LIMA, A. S. Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v. 4, n. 1, p. 135–149, 2013.

WEISMANN, M. **Tecnologia e produção: Milho safrinha e culturas de inverno**. Disponível em: [www.atividaderural.com.br](http://www.atividaderural.com.br): 38 p. 2008. Acesso em: 23 de Fevereiro de 2015.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. e TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 25-29, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação de redutor de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Rates and times of growth regulator application on corn hybrids. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 395-402, 2013.

ZHANG, Q.; ZHANG, L.; EVERS, J.; VAN DER WERF, W.; ZHANG, W.; DUAN, L. Maize yield and quality in response to plant density and application of a novel plant growth regulator, **Field Crops Research**. v. 164, p.82-89, 2014.

### 3 ARTIGO A

## DESEMPENHO AGRONÔMICO DO MILHO DE PRIMEIRA SAFRA EM RESPOSTA A DOSES DE TRINEXAPAC-ETHYL E AMBIENTES DE CULTIVO

### 3.1 RESUMO

O redutor de crescimento trinexapac-ethyl, é uma das alternativas para obtenção de plantas de milho mais compactas, permitindo maior adensamento e melhor interceptação da radiação solar, com incrementos de produção. O posicionamento dessa tecnologia para a cultura carece ainda de estudos quanto a doses, interação com o genótipo e ambiente de cultivo. O trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de doses do trinexapac-ethyl sobre as características fitométricas, os componentes de produção e o rendimento de grãos de milho em dois locais de cultivo, na condição de primeira safra. O experimento foi conduzido em campo na safra 2014/15, sob delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5x2, com quatro repetições. Foram avaliadas cinco doses de trinexapac-ethyl aplicadas no Estádio V6 (0, 50, 100, 200 e 400 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e dois locais de cultivo no estado do Paraná (Palotina e Londrina). Foram avaliadas as seguintes características: Altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, índice de área foliar, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, prolificidade, massa de mil grãos e produtividade de grãos. O fator ambiental determina características de crescimento e de produção, com direta influência na efetividade do redutor de crescimento para milho cultivado sob densidade populacional de 75.000 na primeira safra. O aumento nas doses do trinexapac-ethyl pode provocar alterações no crescimento das plantas de milho e refletir em alterações de produtividade da cultura, no entanto, a resposta é interligada com a condição ambiental do local de cultivo. Em Palotina há acréscimo de produtividade até a dose de 312 g i.a. ha<sup>-1</sup>. A alteração de porte das plantas de milho é dependente do local de cultivo. Em Palotina mesmo com incremento nas dosagens de trinexapac-ethyl a altura das plantas não se alterou, porém o IAF na dose de 275 g i.a. ha<sup>-1</sup> foi acrescido e essa modificação morfológica associada a alterações na arquitetura foliar promovem maior massa e produtividade de grãos nessa condição ambiental. Em Londrina, sob condições hídricas favoráveis, o aumento das doses de trinexapac-ethyl reduz o porte das plantas com redução do desempenho produtivo.

Palavras-chave: interação genótipo x ambiente. Arranjo de plantas. Redutor de crescimento. *Zea mays* L.

## **AGRONOMIC PERFORMANCE OF CORN IN THE FIRST CROP IN RESPONSE TO TRINEXAPAC-ETHYL DOSES AND CROPS ENVIRONMENTS**

### **3.2 ABSTRACT**

The growth retardant trinexapac-ethyl, is an alternative to achieving more compact corn plants allowing higher density and better interception of solar radiation with increases yield. The positioning of this technology needs studies yet for the culture, like a product doses, interaction with the genotype and cultivation environment. The study aimed to evaluate the effect of doses of trinexapac-ethyl on phytometric characteristics, yield components and yield of corn grains in two cultivation places, in the first crop condition. The experiment was conducted in field in the crop 2014/15, in a randomized block design in a 5x2 factorial scheme five doses of trinexapac-ethyl (0, 50, 100, 200 and 400 g a.i. ha<sup>-1</sup>) and two cultivation places (Palotina and Londrina). The following characteristics were evaluated: plant height, ear insertion height, stem diameter, leaf area index, number of rows per ear, number of grains per row, number of grains per ear, prolificacy, grain mass thousand and grain yield. The environmental factor determines characteristics of growth and production of corn, with direct influence on the efficacy of growth retardant for corn cultivate in population density of 75,000 in the first crop. The increase of trinexapac-ethyl doses may cause changes in the growth of maize plants and reflect in changes in the crop yield, however, the answer is interconnected with the environmental conditions of the cultivation place. In Palotina were increase in yield at the dose of 312 g a.i. ha<sup>-1</sup>. The change in size of the corn plants is dependent on the cultivation place. In Palotina even with increase the doses of trinexapac-ethyl, the plant height did not change, but the IAF in the dose 275 g a.i. ha<sup>-1</sup> was added and this morphological change associated with changes in leaf architecture promote greater mass and grain yield in this environmental condition. In Londrina, under favorable water conditions, the increase of trinexapac-ethyl doses reduces the size of the plants with reduced yield performance.

Keywords: Genotype x environment interaction. Arrangement plants. Growth retardant. *Zea mayz* L.

### 3.3 INTRODUÇÃO

As modificações no arranjo de plantas por meio do adensamento, tem sido utilizada para incrementar a produtividade de grãos na cultura do milho, isso devido ao maior aproveitamento dos recursos produtivos, principalmente da otimização na interceptação da radiação solar pelas plantas, que geneticamente são mais eficientes em converter a energia luminosa em fotoassimilados posteriormente alocados nos grãos (SANGOI et al., 2010a; FOLONI et al., 2015).

O manejo adensado da lavoura pode porém não ser o mais adequado para genótipos de maior porte, fertilizações altas e condições ambientais de cultivo que favoreçam o crescimento vegetativo das plantas. Nessas situações, podem ocorrer problemas de acamamento, autossombreamento e intensificação na competição intraespecífica (KAPPES, 2011).

Nesse contexto, é necessário evitar esse crescimento indesejável para possibilitar incrementos produtivos com as modificações de arranjo espacial. Para isso, surgem os reguladores de crescimento que em sua maioria atuam de forma antagonista à síntese do hormônio giberelina (Ga), um dos reponsáveis pelo crescimento das plantas, principalmente o crescimento longitudinal de gramíneas (RADEMARCHER, 2015).

O trinexapac-ethyl, redutor de crescimento mais utilizado em cereais, paralisa a biossíntese de Ga no citoplasma (dioxigenases), faz com que se acumule Ga<sub>20</sub> e impossibilita a conversão em Ga<sub>1</sub> que é a forma ativa do hormônio (TAIZ e ZEIGER, 2009). O uso desse composto atenua o acamamento de plantas, modifica a anatomia foliar, além de incrementar a concentração de clorofila, de forma que se haja menor sensibilidade ao autossombreamento e maior eficiência produtiva (COSTA et al. 2010; PRICINOTTO, 2014; FAGHERAZZI, 2015).

Sua atuação na fisiologia da planta, altera características da arquitetura e porte, facilita tratos culturais, reduz a propensão ao acamamento, propicia aumento de densidade, e redução de espaçamentos, além de aumentar a eficiência do uso de recursos como água e radiação solar e assim, aumentar a produtividade (ZAGONEL; FERREIRA, 2013, ZHANG, et al., 2014).

Para a cultura do trigo esse composto possui comprovada eficiência em reduzir o acamamento, porém sua indicação se restringe a lavouras irrigadas, solos com alta

fertilidade e cultivares com tendência ao acamamento, além disso, a dose indicada para trigo é de 100 g i.a. ha<sup>-1</sup> e a aplicação deve ser realizada quando o primeiro nó do colmo se encontra visível (CUNHA e CAIERÃO, 2014). Além da redução na altura, mesmo na ausência de acamamento o trinexapac-ethyl promoveu aumentos de rendimento devido a modificação na arquitetura foliar das plantas, deixando essas mais compactas e com melhor aproveitamento da interceptação da radiação solar (FERNANDES, 2009).

Para milho porém, existem poucos relatos. Guimarães et al. (2009) verificaram redução do porte e aumento do diâmetro de colmo do milho para as doses de 0, 150, 225, 300 e 375 g i.a. ha<sup>-1</sup>, porém não foi constatado efeito sobre a massa de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos.

Resposta semelhante foi encontrada por Ferreira et al., (2014) que verificaram a diminuição do crescimento, redução de área foliar, porém sem afetar os componentes de rendimento e a produtividade de grãos de dois híbridos de milho na dose de 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Incremento de rendimento de grãos com a associação de dose de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> e maiores densidades de plantas (90.000 plantas ha<sup>-1</sup>) também foram relatadas por Pricinotto (2014).

Devido a característica tropical da cultura do milho, a época de semeadura é um fator a ser considerado principalmente em regiões subtropicais em que fatores como temperatura do ar, água e radiação solar tem grande influência no desempenho fenológico (STRECK et al., 2012).

Esses fatores influenciam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, o que gera alterações no porte e conseqüentemente no arranjo das plantas no campo, que possuem direta relação com o desempenho produtivo do milho (NASCIMENTO et al., 2011). Nesse contexto, as respostas da cultura ao emprego do redutor de crescimento pode ser alterada pelo ambiente de cultivo.

Considerando que ainda são escassas as pesquisas que utilizaram reguladores de crescimento na cultura do milho, trabalhos com diferentes dosagens em condições edafoclimáticas contrastantes são importantes para adequado posicionamento dessa tecnologia para a cultura.

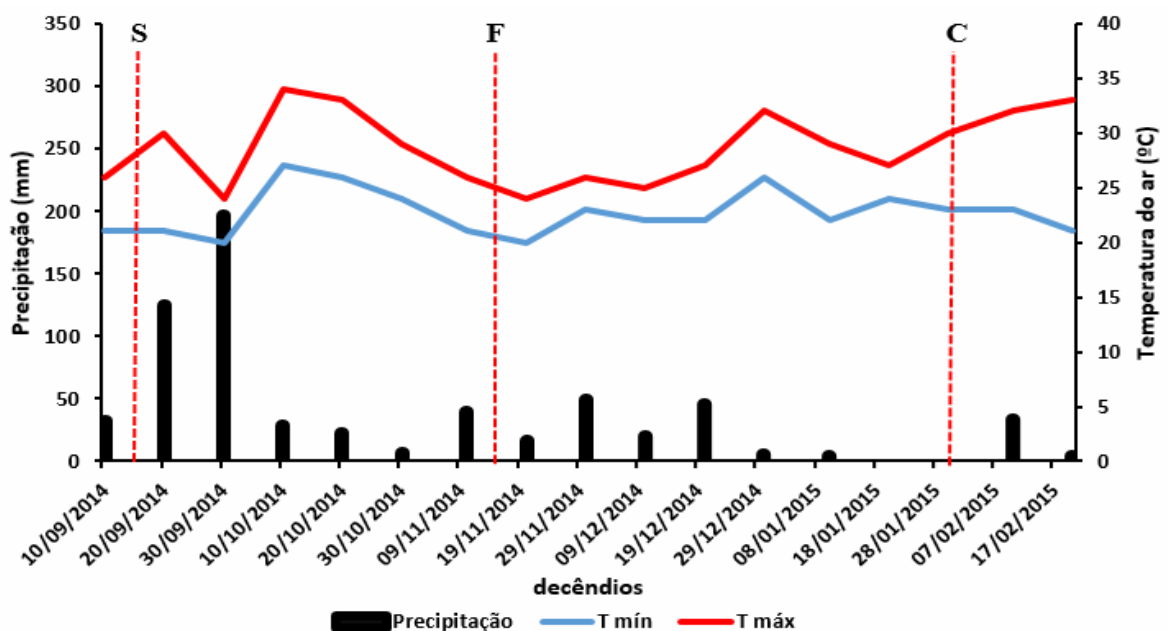
Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses do trinexapac-ethyl sobre as características fitométricas, os componentes de produção e o rendimento de grãos de milho em dois locais de cultivo, na condição de primeira safra.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2014/2015 em dois locais de cultivo no estado do Paraná, Palotina e Londrina. No município de Palotina o ensaio foi conduzido na fazenda de produção comercial (24°17'02" S e 53°50'24" W, com altitude média de 320 m) e no município de Londrina na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL) (23°20'32" S e 51°12'32" W, com altitude média de 540 m).

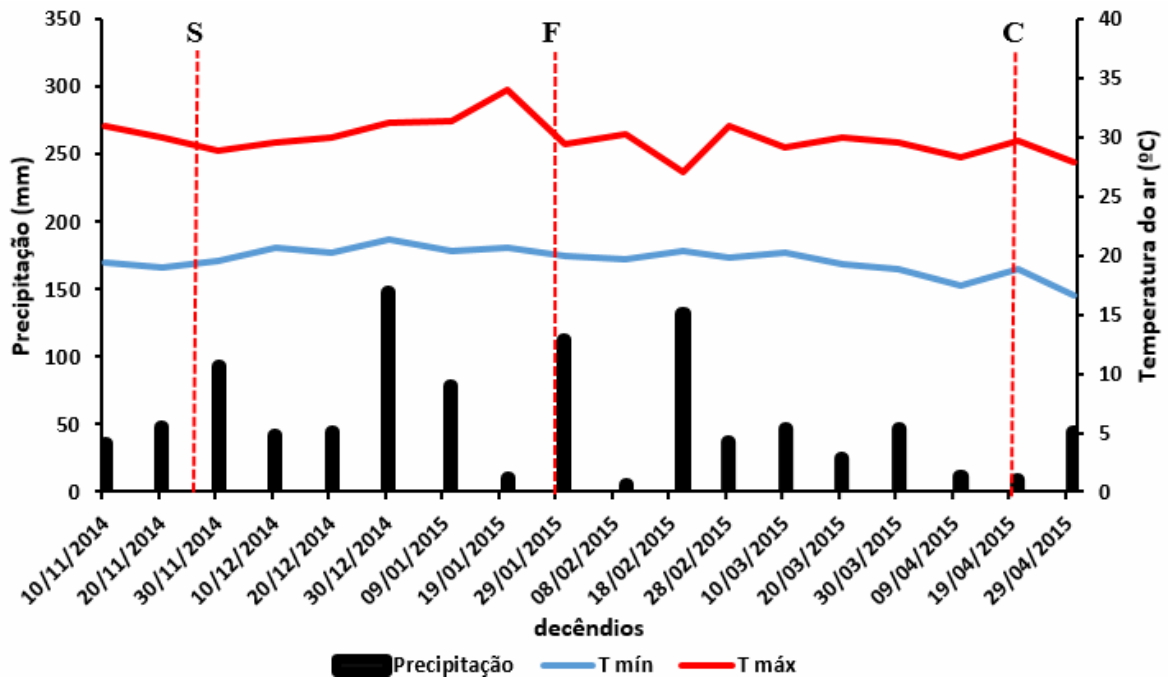
Os solos foram caracterizados como Latossolo Vermelho eutrófico típico e Latossolo Vermelho distrófico, para Palotina e Londrina, respectivamente (EMBRAPA, 2006). O clima das regiões de Londrina e Palotina é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes, segundo classificação de Köpen. Os dados referentes a precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas observadas no período experimental, foram obtidos junto ao SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná para os dois municípios (Figura 3.1 e 3.2).

**Figura 3.1** – Precipitação pluvial e temperaturas do ar, máxima e mínima (T máx e T mín) do município de Palotina, referente ao período experimental (01/09/2014 a 12/02/2015) com delimitação da semeadura (S), início do florescimento (F) e colheita (C), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016.



Fonte: O próprio autor

**Figura 3.2** – Precipitação pluvial e temperaturas do ar, máxima e mínima (T máx e T mín) do município de Londrina, referente ao período experimental (15/09/2014 a 12/02/2015), com delimitação da semeadura (S), início do florescimento (F) e colheita (C) safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016.



Fonte: o próprio autor.

Previamente a instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental, na camada de 0 a 20 cm, para análise química, que apresentou os seguintes dados: Palotina - pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,3; P = 4,10 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,62 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 6,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 2,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 2,23 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 14,75 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V = 59,25%. Londrina- pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,50; P = 8,55 mg dm<sup>-3</sup>; K = 1,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 5,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 2,20 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 4,23 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 13,40 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V = 68,01%.

A adubação de base consistiu da utilização do formulado 08 28 16 na dosagem de 300 kg ha<sup>-1</sup>. No estágio de seis folhas completamente expandidas (V6) foi realizada a adubação de cobertura, utilizando 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, na dose de 227 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, para os dois locais de cultivo.

O híbrido simples utilizado foi o 30F53YH, considerado de ciclo precoce, com altura de plantas entre 260 e 280 cm, e alto nível tecnológico, com densidade de 75.000

plantas ha<sup>-1</sup> para ambos locais. A semeadura foi realizada em Palotina no dia 13/09/2014 e em Londrina no dia 20/11/2015, em área com manejo convencional do solo e com trigo como cultura antecessora.

Foram realizados os tratos culturais e o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças de acordo com as recomendações do Sistema de Produção da Cultura do Milho (EMBRAPA, 2012). A colheita foi realizada após a constatação da maturidade fisiológica (R6), no dia 02/02/2015 e 17/04/2015, em Palotina e Londrina, respectivamente.

As parcelas experimentais consistiram de seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,45 m entre elas, perfazendo uma área total de 13,5 m<sup>2</sup>, com área útil delimitada pelas quatro linhas centrais, com descarte de 0,5 m de cada extremidade, totalizando 7,2 m<sup>2</sup>.

O experimento foi realizado em delineamento de blocos completos casualizados, em esquema fatorial foi 5x2, com quatro repetições. Foram avaliadas cinco doses de trinexapac-ethyl (0, 50, 100, 200 e 400 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e dois locais de cultivo (Palotina e Londrina – PR).

O trinexapac-ethyl, foi aplicado via foliar com o uso de pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, com pressão de 30 psi e volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi realizada no estágio V6, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993), nesse estágio ocorre o início do crescimento mais pronunciado dos primeiros entre nós das plantas. As datas de aplicação foram 11/10/2014 e 26/12/2014, para Palotina e Londrina, respectivamente.

As avaliações foram iniciadas após o florescimento pleno da cultura, onde foram tomadas dez plantas ao acaso dentro da área útil das parcelas e avaliadas a altura de plantas (AP) e de inserção de espigas (AIE) em centímetros, por meio da aferição da distância entre a superfície do solo e base do pendão e da espiga principal, respectivamente. As mesmas dez plantas foram utilizadas para avaliação do diâmetro de colmo (DC) em milímetros, o qual foi aferido com auxílio de paquímetro no terço mediano do segundo internódio, a partir da base da planta, no sentido do menor diâmetro.

O índice de área foliar (IAF), expresso em m<sup>2</sup> de folha por m<sup>2</sup> de superfície de solo, foi estimado com base na aferição do comprimento total (C) e largura do terço médio (L) das folhas fotossinteticamente ativas de dez plantas em cada parcela. Os dados foram submetidos à seguinte expressão, proposta por Francis (1969):  $IAF = \frac{(0,75 * C * L)}{(e1 * e2)}$ , em que e1 e e2 referem-se ao espaçamento entre plantas (em m) na linha de semeadura e entre as linhas, respectivamente.

Após o término do ciclo da cultura foram colhidas as espigas da área útil das parcelas (7,2 m<sup>2</sup>), determinando-se a número de espigas por planta (PROL). Separou-se aleatoriamente dez espigas de cada parcela, nas quais foram avaliados por meio de simples contagem o número de fileiras de grãos por espiga (NFE), o número de grãos por fileira (NGF) e o número de grãos por espiga (NGE).

Posteriormente a debulha de todas as espigas da área útil de cada parcela, foram aferidas a massa de mil grãos (MMG) e calculada a produtividade de grãos (PROD). A massa de mil grãos foi determinada conforme metodologia proposta por Brasil (2009) e expressa em gramas. A produtividade foi determinada pela pesagem dos grãos produzidos na área útil, com massa corrigida para umidade de 130 g de água por quilograma de grão e os resultados expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

Foram realizadas as análises de variância individuais para todas as características em cada local de cultivo e após constatação da homogeneidade das variâncias, por meio do teste de Hartley, realizou-se a análise conjunta, em esquema fatorial duplo. Quando significativos, os dados de locais foram comparados pelo teste F e os dados de doses de trinexapac-ethyl submetidos a estudo de regressão até segundo grau, ambos à 5% de probabilidade.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ANAVA (tabela 3.1), demonstra efeito significativo da interação entre local de cultivo e dose de trinexapac-ethyl para altura de plantas, índice de área foliar, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Para altura de inserção de espiga foi constatada significância dos fatores isolados. No caso do diâmetro de colmo, número de fileiras por espiga, constatou-se apenas efeito de local de cultivo. Para número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e prolificidade não houve efeito dos fatores avaliados.

**Tabela 3.1** – Resumo da análise de variância para as características fitométricas, componentes de produção e produtividade de milho em função de doses de trinexapac-ethyl e locais de cultivo. Londrina-PR, 2016.

quadrado médio	fonte de variação					CV(%)
	local	repetição/local	dose	local x dose	erro	
AP	4243,60*	225,01*	672,76*	413,31*	56,81	4,17
AIE	5914,62*	78,11 <sup>ns</sup>	174,43*	92,89 <sup>ns</sup>	48,21	7,69
DC	12,09*	1,60 <sup>ns</sup>	1,87 <sup>ns</sup>	3,23 <sup>ns</sup>	2,8	8,11
IAF	0,75*	0,17*	0,20*	0,31*	0,05	8,78
NFE	4,23*	0,23 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,62	5,14
NGF	13,23 <sup>ns</sup>	9,59*	5,15 <sup>ns</sup>	6,10 <sup>ns</sup>	3,59	5,5
NGE	1060,90 <sup>ns</sup>	2725,72 <sup>ns</sup>	1654,41 <sup>ns</sup>	2710,59 <sup>ns</sup>	1595,8	7,63
PROL	0,00 <sup>ns</sup>	0,05*	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	7,48
MMG	71923,97*	947,80*	530,02 <sup>ns</sup>	383,19*	160,51	3,97
PROD	54527153,61*	798747,73 <sup>ns</sup>	682649,34 <sup>ns</sup>	5133888,14*	596582,26	7,51

<sup>ns</sup>não significativo a 5% de probabilidade e \*significativo a 5% de probabilidade.

Legenda: CV = coeficiente de variação, altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), índice de área foliar (IAF), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), número de grãos por espiga (NGE), prolificidade (PROL), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD).

**Fonte:** o próprio autor.

Para as características fitométricas (tabela 3.2) verificou-se superioridade na AP e na AIE para Londrina em relação a Palotina, exceto na dose de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> onde não houve diferença entre os locais para AP. O diâmetro de colmo (DC) também se mostrou superior em Londrina na média de todas as doses utilizadas.

A boa distribuição das precipitações pluviais, possivelmente foram responsáveis pelo maior crescimento das plantas em Londrina, conforme pode ser verificado na figura 3.1, ao contrário do que se verifica para Palotina (figura 3.2), em que a houve menor disponibilidade hídrica e maiores temperaturas do ar no período de intenso alongamento do colmo (V7-VT), que possivelmente foi o fator determinante do menor crescimento da planta, que se deve ao aceleração do desenvolvimento que teve por consequência a redução desse subperíodo do ciclo.

Conforme Wagner et al. (2013) e Sangoi et al. (2010b), para a cultura do milho, a fase de alongamento do colmo se caracteriza por um aumento significativo da evapotranspiração (exigência hídrica), e pouca água disponível nessa fase restringe o desempenho vegetativo da cultura, corroborando os resultados inferiores observados para

altura da planta, de inserção de espiga e diâmetro do colmo no cultivo em Palotina-PR.

**Tabela 3.2** – Características fitométricas de milho em resposta a doses de trinexapac-ethyl, em dois locais na primeira safra. Londrina - PR, 2016.

local	doses de trinexapac-ethyl (g i.a. ha <sup>-1</sup> )					média
	0	50	100	200	400	
Altura de plantas (cm)						
Palotina	170,80 B	175,15 B	172,65 B	165,30 B	168,90 A	170,56
Londrina	206,75 A	204,05 A	191,85 A	186,45 A	166,70 A	191,16
Altura de inserção de espiga (cm)						
Palotina	78,60 B	81,25 B	79,25 B	70,95 B	80,60 B	78,13 B
Londrina	105,80 A	110,45 A	105,45 A	97,65 A	92,90 A	102,45 A
diâmetro de colmo (mm)						
Palotina	19,99	19,74	20,14	19,99	20,70	20,11 B
Londrina	20,15	22,35	20,35	22,35	20,85	21,21 A
índice de área foliar (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )						
Palotina	2,58 A	2,31 A	3,06 A	3,09 A	2,58 A	2,73
Londrina	2,49 A	2,47 A	2,29 B	2,51 B	2,49 A	2,45

\*médias seguidas de mesma letra não diferem entre si para locais de cultivo pelo teste F a 5% de probabilidade.

**Fonte:** o próprio autor.

Ainda na tabela 3.2, para o IAF, foi constatado maior desempenho em Palotina, mas apenas nas doses de 100 e 200 g i.a. ha<sup>-1</sup>, isso se deve ao menor efeito de redução da área foliar proporcionada pelo trinexapac-ethyl nessa condição de menor disponibilidade hídrica, que reduz a eficiência desse composto (RADEMACHER, 2015).

A redução de eficiência do redutor em condição de restrição hídrica é uma situação já estabelecida para trigo (CUNHA e CAIERÃO, 2014). Resposta obtida por Ferreira et al. (2014) para milho, demonstra que o IAF do híbrido maximus TLTG foi reduzido pela aplicação de 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> do trinexapac-ethyl, ou seja, em dose superior as que não apresentaram efeito no presente trabalho, houve efetividade em condição ambiental não restritiva. Para Pricinotto et al. (2015) as doses crescentes de trinexapac-ethyl (0 a 375 g i.a. ha<sup>-1</sup>) em milho cultivado em casa de vegetação causam efeito de redução da área foliar, isso novamente sob condição hídrica não restritiva.

Esse efeito de redução da área foliar pelo trinexapac-ethyl se deve a ação de inibição do hormônio giberelina, já que esse juntamente com o hormônio auxina são responsáveis pela expansão foliar das plantas, portanto, ocorre efeito antagônico entre a presença do composto e a área foliar da cultura (RADEMASCHER, 2015).

Na figura 3.3 A, observa-se adequação linear decrescente para a AP conforme o incremento nas doses de TE apenas em londrina, com taxa de decréscimo de 1 cm

a cada 10 g i.a ha<sup>-1</sup> adicionadas do redutor de crescimento. Esse desempenho comprova a eficiência do produto em agir nos meristemas intercalares do milho e diminuir o comprimento dos entrenós, o que reduziu o porte das plantas. É importante ressaltar que as condições ambientais mais favoráveis de Londrina foram determinantes na eficácia do trinexapac-ethyl.

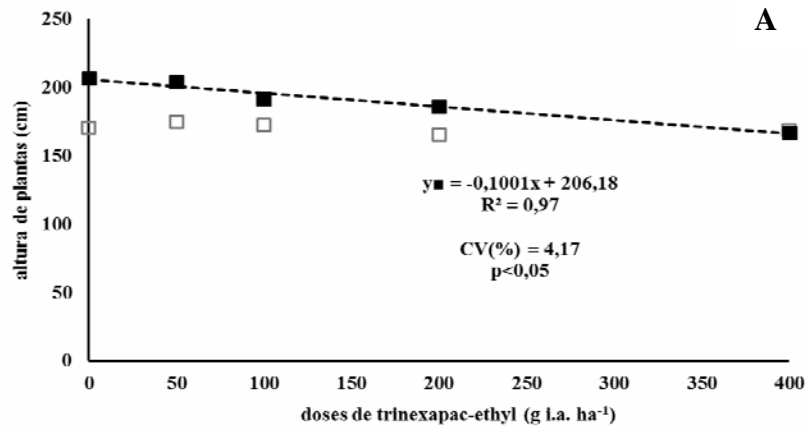
Pricinotto et al. (2015) corroboram os resultados obtidos, pois ao testarem doses semelhantes (0 a 375 g i.a ha<sup>-1</sup>) do trinexapac-ethyl em casa de vegetação, também observaram redução linear na AP, com taxa de decréscimo similar (0,9 cm a cada 10 g i.a. ha<sup>-1</sup>), o que comprova a efetividade desse redutor na diminuição do porte das plantas de milho.

Para a AIE (figura 3.3 B), houve adequação linear decrescente para as doses médias do redutor nos dois locais de cultivo, com taxa de redução menos acentuada em relação a observada para altura de plantas (cerca de 0,2 cm a cada 10 g i.a ha<sup>-1</sup>). O que se justifica pelo composto ser aplicado em V6 e ter sua ação mais intensa a partir de então, ou seja, é provável que com o desenvolvimento da planta e aumento da área foliar o redutor foi mais eficiente em segurar o crescimento nas fases mais adiantadas do desenvolvimento vegetativo, quando aumenta o sombreamento e a competição intraespecífica e o alongamento é mais intenso (estiolamento) em busca de luz. Diminuição da AIE em resposta a aplicação de trinexapac-ethyl também foi encontrada por Pricinotto (2014) na dose de 375 g i.a. ha<sup>-1</sup> para o híbrido status e por Fagherazzi (2015) nas doses de 400 e 800 g i.a. ha<sup>-1</sup> para o mesmo genótipo utilizado no presente trabalho.

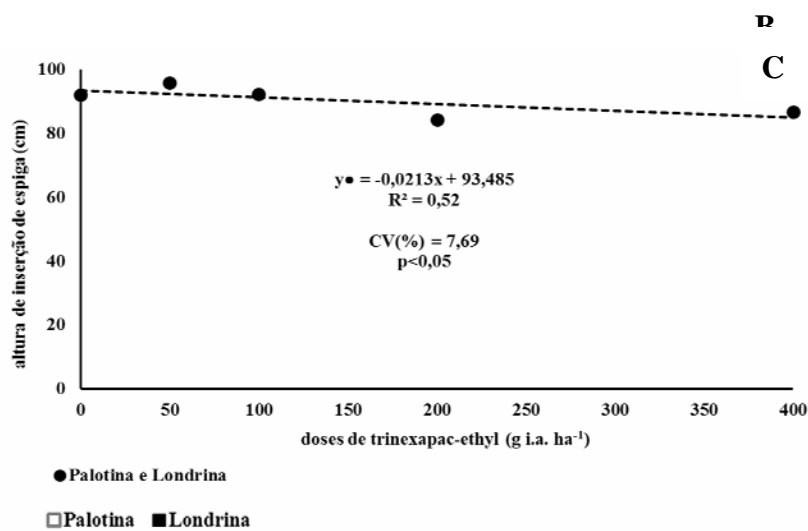
Na figura 3.3 C verifica-se adequação polinomial para o IAF em Palotina, com ponto de máxima eficiência calculado na dose de 270 g i.a. ha<sup>-1</sup> com IAF de 3,31 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, até o qual possivelmente o redutor apenas teve influência sobre o colmo, reduzindo porte, sem afetar a expansão foliar da cultura, que teve acréscimo. É importante ressaltar que o IAF ideal para a cultura do milho está entre 3,5 e 5.

Resposta distinta foi encontrada por Pricinotto et al. (2015) que verificaram redução linear conforme se acresceu as doses de trinexapac-ethyl até 375 g i.a. ha<sup>-1</sup>. Essa redução na área foliar causada pelo trinexapac-ethyl se deve a inibição da giberelina, hormônio que atua em conjunto com a auxina na expansão foliar. Portanto se o nível de GAS é reduzido a área foliar também tem redução (TAIZ e ZEIGER, 2009).

**Figura 3.3** – Altura de plantas (A), altura de inserção de espiga (B) e índice de área foliar (C) de milho em resposta a doses de trinexapac-ethyl, em dois locais (Palotina



□, Londrina ■ e ambos ●) de cultivo na primeira safra. Londrina - PR, 2016.



Fonte: o próprio autor.

Para o NFE (tabela 3.3), observa-se superioridade para o cultivo em Londrina. Esse maior desempenho pode estar relacionado ao período de formação desse componente que ocorre quando as plantas possuem menos de 12 folhas totalmente expandidas (RITCHIE et al., 1993), pois nesse período houve uma condição ambiental menos favorável em Palotina (Figura 5.1). Contudo vale salientar que a quantidade de grãos por espiga não foi alterada, e não diferiu entre Londrina e Palotina, o que indica a compensação da menor quantidade de fileiras em Palotina, pelo maior número de grãos por fileira, mesmo que não tenha havido efeito significativo para essa característica (Tabela 3.1).

Para a MMG (tabela 3.3), verificou-se o maior desempenho para Palotina em todas as doses testadas, o que possivelmente se deve às condições edafoclimáticas do oeste paranaense que favoreceram o desenvolvimento da área foliar das plantas como pode se observar na figura 3.3 C e essa resposta se converteu no enchimento de grãos de forma mais satisfatória, o que levou ao resultado superior da massa dos grãos em Palotina.

A ausência de resposta da MMG em Londrina já havia sido relatada por Pricinotto (2014), para o híbrido status, e o autor revela ser a condição ambiental mais favorável da safra em que foi realizado o cultivo que inibiu a ocorrência de variação.

Na comparação entre locais de cultivo para a característica PROD, é possível identificar superioridade para Palotina. Nas maiores doses utilizadas do redutor de crescimento (100, 200 e 400 g i.a. ha<sup>-1</sup>) essa superioridade é confirmada estatisticamente. Atribui-se a esse resultado a melhor adaptação do genótipo ao local de cultivo, e a maior área foliar observada. Além do que, a maior massa dos grãos formados nessa condição de cultivo tiveram notória influência no desempenho produtivo de grãos, já que não se teve diferenciação na população final de plantas dos dois locais.

Alves et al. (2006) observaram diferenças entre genótipos de milho quanto ao rendimento de grãos nas diferentes localidades testadas, sendo que nos ambientes favoráveis com temperaturas do ar sempre na faixa adequada ao crescimento de plantas C4, e maior disponibilidade e distribuição hídrica, essas determinaram o desempenho produtivo dos diferentes genótipos do cereal.

**Tabela 3.3** – Componentes de rendimento e produtividade de grãos de milho em resposta a doses de trinexapac-ethyl, em dois locais de cultivo na primeira safra. Londrina - PR, 2016.

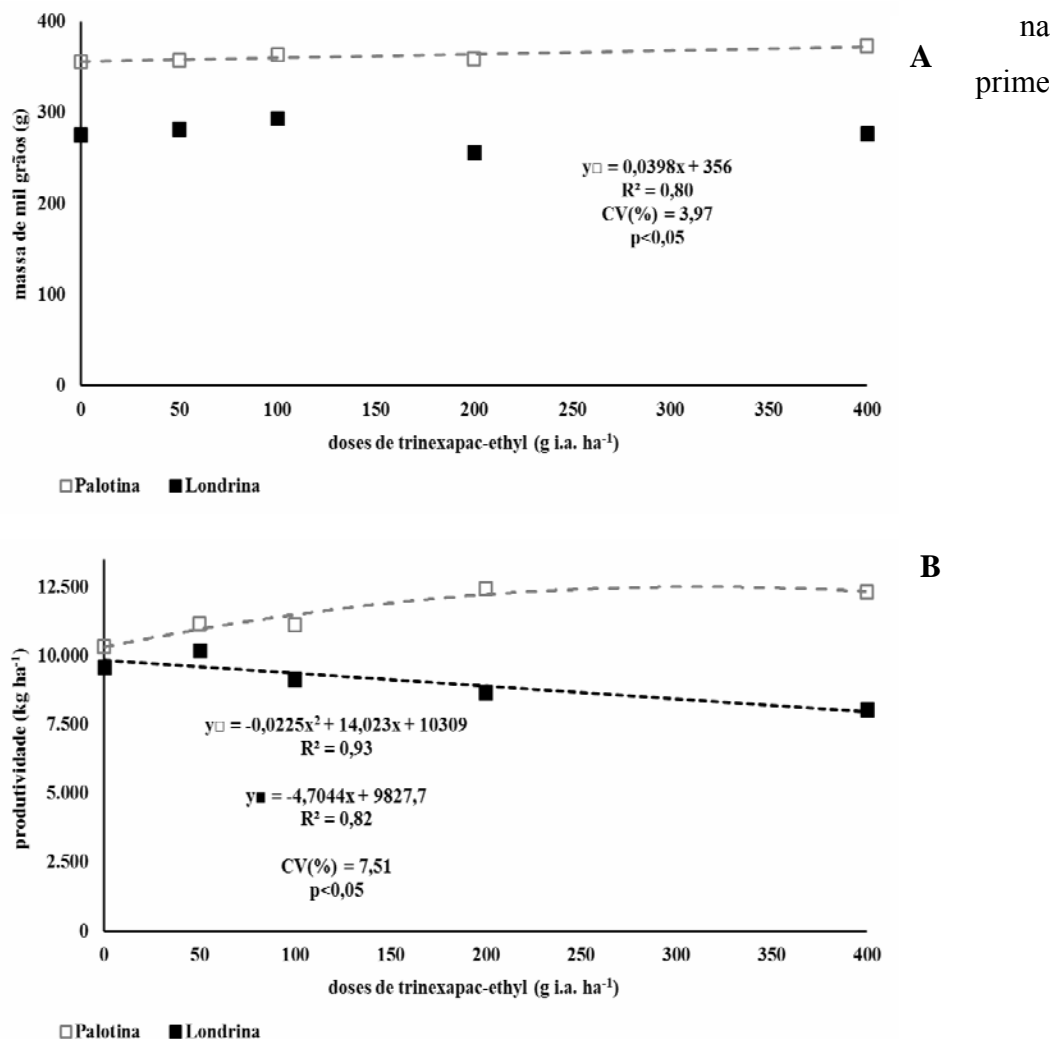
local	doses de trinexapac-ethyl (g i.a. ha <sup>-1</sup> )					média
	0	50	100	200	400	
número de fileiras por espiga						
Palotina	14,75	15,25	14,50	15,25	15,25	15,00 B
Londrina	15,50	16,25	15,75	15,50	15,25	15,65 A
massa de mil grãos (g)						
Palotina	355,73 A	357,61 A	363,93 A	359,27 A	372,33 A	361,77 A
Londrina	275,76 B	282,43 B	293,43 B	256,12 B	277,09 B	276,97 B
produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )						
Palotina	10328,00 A	11135,86 A	11115,61 A	12412,69 A	12293,67 A	11457,17 A
Londrina	9591,72 A	10171,55 A	9149,26 B	8657,56 B	8040,22 B	9122,06 B

\*médias seguidas de mesma letra não diferem entre si para locais de cultivo pelo teste F a 5% de probabilidade.  
**Fonte:** o próprio autor.

Na figura 3.4 A, observa-se acréscimo linear da MMG com o aumento nas doses de trinexapac-ethyl para Palotina, com taxa de incremento de 4 g a cada 100g i.a. ha<sup>-1</sup>. Possivelmente devido a alteração na morfologia das plantas, principalmente o aumento de área foliar e alteração da arquitetura foliar que otimiza a interceptação da radiação, produzindo maior quantidade de fotoassimilados que foram direcionados aos grãos, e por consequência houve incremento na massa dos mesmos.

Resposta semelhante a essa foi relatada por Zagonel e Ferreira (2013), que obtiveram incremento na massa de grãos até a dose de 272 g i.a. ha<sup>-1</sup> do híbrido status. Da mesma forma Pricinotto (2014) também encontrou incremento para MMG até a dose de 310 g i.a. ha<sup>-1</sup> para o mesmo híbrido status. O autor relatou ausência de resposta para outro genótipo e outra condição de cultivo, o que se relaciona ao que foi constatado no presente trabalho para o cultivo de Londrina.

**Figura 3.4** – Massa de mil (A) e produtividade de grãos (B) de milho em resposta a doses de trinexapac-ethyl, em dois locais (Palotina □, Londrina ■ e ambos ●) de cultivo



ira safra. Londrina - PR, 2016.

**Fonte:** o próprio autor.

Para a produtividade de grãos em resposta as doses de trinexapac-ethyl (Figura 3.4 B), houve ajuste linear decrescente para o cultivo de londrina, com taxa de redução de cerca de 5 kg para cada grama de redutor adicionada. Com a redução acentuada do porte das plantas, é de se esperar menor produtividade, devido a redução na área foliar, e das reservas do colmo e, conseqüentemente a capacidade produtiva individual de cada planta. Essa resposta coloca o redutor como opção para obtenção de plantas mais compactas e, portanto mais adequadas ao adensamento. Ou seja, a menor produção individual pode ser compensada com o aumento da densidade ou redução do espaçamento entre linhas.

Essa resposta é condizente com o que foi verificado por Pricinotto (2014)

para o híbrido de milho 2B710 e com o que foi relatado por Fagherazzi (2015) em que as maiores doses 400 e 800 g i.a. ha<sup>-1</sup>, resultaram em decréscimo produtivo para os híbridos 30R50 e 30F53, o mesmo utilizado no presente trabalho.

Pricinotto et al. (2015) ao trabalharem com o híbrido de milho status em casa de vegetação obtiveram redução na produção por planta com o incremento nas doses de trinexapac-ethyl, corroborando os resultados obtidos, pois a população foi fixa (75000 plantas ha<sup>-1</sup>), evidenciando a redução de produção por planta em função do regulador de crescimento.

Já para a condição de cultivo de Palotina a adequação foi polinomial, com máximo desempenho produtivo na dose de 312 g i.a. ha<sup>-1</sup>, que proporcionou uma produtividade de 12494 kg ha<sup>-1</sup> que supera a testemunha sem aplicação em 2166 kg ha<sup>-1</sup>. Isso deve-se a alteração de características foliares como angulação, comprimento, largura e disposição que proporcionaram um maior aproveitamento da radiação solar incidente, que por sua vez ocasionou um maior acúmulo de fotoassimilados nos grãos.

Ressalta-se porém que a falta de efeito do trinexapac-ethyl sobre as características fitométricas em Palotina, não permitiria o adensamento, que é principal propósito do uso desse composto, e portanto inviabiliza a essa técnica com objetivo de obter plantas mais compactas. Porém a resposta obtida para a produtividade foi satisfatória em relação a testemunha sem aplicação, o que leva a necessidade de consideração do local de cultivo para adequação de uso do redutor de crescimento.

Para Fagherazzi (2015) o melhor resultado de produtividade para o híbrido 30F53 foi obtido quando utilizada a dose de 200 g i.a. ha<sup>-1</sup> em V2 ou quando a dose de 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> foi aplicada de forma sequencial nos estádios de V4 e V5. No entanto se faz necessário ressaltar que no estudo citado as aplicações em estágio inicial (V2) e sequencial (V4 e V5) não foram efetivas na redução de porte das plantas e nem alteraram de forma evidente a morfologia das folhas próximas a espiga. Portanto o resultado positivo de produtividade não se deve a ação do redutor de crescimento nesse caso.

Pricinotto (2014) também obteve incremento no rendimento de grãos com o uso de trinexapac-ethyl de forma polinomial, com maior produtividade nas doses de 251 e 158 g i.a ha<sup>-1</sup>, para o híbrido de milho status, na primeira e segunda safra de cultivo respectivamente. Deve-se porém considerar que as maiores produtividades do estudo citado foram obtidas com um híbrido de angulação foliar mais ereta e em populações altas por volta de 90.000 plantas por hectare.

Para a condição de cultivo de Londrina, o trinexapac-ethyl foi eficiente em reduzir o porte de plantas do milho, com redução conforme se aumentou as doses do

composto, no entanto, essa diminuição do crescimento vegetativo refletiu de forma negativa sobre a produtividade de grãos, sem haver porém modificação significativa na área foliar das plantas.

Em Palotina as condições ambientais durante o período de alongamento caulinar restringiram o crescimento das plantas, isso impediu parcialmente a interferência do redutor de crescimento, no entanto a massa de grãos respondeu positivamente ao incremento nas doses de trinexapac-ethyl, o que também levou a um maior rendimento de grãos, principalmente em doses mais elevadas, próximas aos 300 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

Portanto é notória a influência do redutor de crescimento sobre características de crescimento, componentes de produção e produtividade de grãos da cultura do milho. Destaca-se que o local de cultivo altera a dinâmica entre o composto e as plantas, o que resulta em distintas consequências no crescimento, desenvolvimento e produção de grãos. A dosagem empregada também possui relação direta com a eficácia do trinexapac-ethyl e deve ser considerada para uma possível recomendação futura dessa tecnologia na cultura do milho.

Constata-se que mais estudos são necessários para viabilizar o uso do regulador de crescimento em milho, e que o composto pode ser testado em conjunto com outros fatores de manejo como épocas de semeadura, genótipos e arranjos espaciais, já que até aqui esse se mostrou promissor na literatura consultada e nos resultados obtidos no presente estudo.

### 3.6 CONCLUSÕES

A fator ambiental determina características de crescimento e de produção, com direta influência na efetividade do redutor de crescimento para milho cultivado sob densidade populacional de 75.000 na primeira safra.

O aumento nas doses do trinexapac-ethyl provoca alterações no crescimento das plantas de milho e reflete em alterações de produtividade da cultura, no entanto, a resposta é interligada com a condição ambiental do local de cultivo. Em Palotina há acréscimo de produtividade até a dose de 312 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

A alteração de porte das plantas de milho é dependente do local de cultivo. Em Palotina mesmo com incremento nas dosagens de trinexapac-ethyl a altura das plantas não se alterou, porém o IAF foi acrescido até 3,3 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> e essa modificação morfológica associada a alterações na arquitetura foliar promovem maior massa e produtividade de grãos nessa

condição ambiental.

Em londrina, sob condições hídricas favoráveis, o aumento das doses de trinexapac-ethyl reduz o porte das plantas com redução do desempenho produtivo.

### 3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. J.; TOLEDO, J. F. F.; ARAÚJO, P. M.; GARBUGLIO, D. D. Comportamento de diferentes classes genéticas de milho com relação à estabilidade e adaptabilidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 2, p. 291-303, 2006.

COSTA, N. V.; MARTINS, D.; RODELLA, R. A.; RODRIGUES, A. C. P.; CARDOSO, L. A. Efeito do trinexapac-ethyl na anatomia foliar de quatro espécies de grama. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 551-560, 2010.

CUNHA, G. R.; CAIERÃO, E. **Informações Técnicas para Trigo e Triticale - Safra 2015**. EMBRAPA. Brasília: 229 p. 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção: Cultura do milho**. 8ed. Versão eletrônica, out. 2012. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_7ed/autos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7ed/autos.htm)>. Acesso em: 23 de agosto de 2015.

FAGHERAZZI, M. M. **Respostas morfo-agronômicas do milho a aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes estádios fenológicos e doses de nitrogênio**. 2015. 93p. (Mestrado). Centro de ciências agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.

FERNANDES, A.C. **População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo**. 2009. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR, 2009.

FERREIRA, C.; ZAGONEL, J.; SENGER, M.; DE SOUZA, A. C. Dessecação em pré-semeadura e modos de aplicação de herbicidas em pós-emergência combinados ou não a regulador de crescimento em híbridos de milho. **Revista Eixo**, Guarapuava, v. 3, n. 1, 2014.

FOLONI, J. S. S., CALONEGO, J. C., CATUCHI, T. A., BELLEGGIA, N. A., TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. D. M. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 13, n. 3, p. 312-325, 2015.

FRANCIS, C.A. RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E.A. Rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zeamays*). **Crop Science**, Madison, v.9, p.537-539, 1969.

GUIMARÃES, F. S.; ARF, O.; GITTI, D. C.; KANEKO, F. H.; VILELA, R. G. **Doses e época de aplicação de regulador de crescimento na cultura do milho**. XXI Congresso de

Iniciação Científica da UNESP. São José do Rio Preto-SP. 2009. Disponível em:  
<<http://prope.unesp.br>

KAPPES, C., ANDRADE, J. A. D. C., ARF, O., OLIVEIRA, Â. C. D., ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 348-359, 2011.

NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADO, M. B.; CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, s/n, p. 193-201, 2011.

PENCKOWSKI, L.H. **Utilizando regulador de crescimento na cultura do trigo: Aspectos importantes para garantir bons rendimentos**. 2ed. Passo Fundo: Fundação ABC. 2009, 60p.

PRICINOTTO, L. F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas**. 2014. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C.; FONSECA, I. C. B.; OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. S.; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-ethyl in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 14, p. 1735-1742, 2015.

RADEMASCHER, W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulators**, v. 34, p. 845-872, 2015.

RITCHIE, S. W. HANWAY, J. J.; BENSON, G. O.; HERMAN, J. C. **How a corn plant develops**: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service 1993.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, 2010a.

SANGOI, L., SILVA, P. R. F., ARGENTA, G., RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages - SC: Graphel, 87p. 2010b.

STRECK, N.A.; SILVA, S.D.; LAGNER, J.A. Assessing the response of maize phenology under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, p. 1 – 12, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**.4a ed. Editora Artmed. 2009. 820p.

WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R.; LIMA, A. S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 170-179, 2013.

ZAGONEL, J. e FERREIRA, C. Rates and times of growth regulator application on corn hybrids: **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, p. 395-402, 2013.

ZHANG, Q.; ZHANG, L.; EVERS, J.; VAN DER WERF, W.; ZHANG, W.; DUAN, L.  
Maize yield and quality in response to plant density and application of a novel plant growth  
regulator, **Field Crops Research**. 2014, p.8.

## 4 ARTIGO B

### REGULADORES DE CRESCIMENTO E ÉPOCAS DE SEMEADURA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO NA PRIMEIRA SAFRA

#### 4.1 RESUMO

Os reguladores de crescimento podem ser uma ferramenta importante no manejo da cultura do milho, principalmente em lavouras com alta tecnologia, conduzidas sob arranjo espacial adensado, em condições ambientais favoráveis e utilizando genótipos com maior desenvolvimento vegetativo. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de reguladores de crescimento associados a épocas de semeadura sobre características de crescimento, componentes de produção e rendimento de grãos de híbridos de milho cultivados na primeira safra. O experimento foi conduzido em campo na safra 2014/15, sob delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2x3, sendo duas épocas de semeadura (19/09/2014 e 23/11/2014), dois híbridos de milho (2B610PW e 2B810PW) e três reguladores de crescimento (testemunha sem aplicação, trinexapac-ethyl 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> e clomazine 200 g i.a. ha<sup>-1</sup>, aplicados no estágio V6), com quatro repetições. Foram avaliadas as seguintes características: Altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, índice de área foliar, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, diâmetro de sabugo, prolificidade, massa de mil grãos e produtividade de grãos. O desenvolvimento e o desempenho produtivo do milho é alterado pela interação entre as épocas de semeadura, genótipos e reguladores de crescimento. A segunda época de semeadura, não limitada pela deficiência hídrica, resulta em melhor desenvolvimento e desempenho produtivo para os dois híbridos. O híbrido 2b610 apresenta maior desempenho produtivo que o 2B810 na segunda época de semeadura. O trinexapac-ethyl e o clomazine para os dois híbridos na primeira época e para o 2B810 na segunda época favorecem a produtividade de grãos do milho. O trinexapac-ethyl apresenta redução de porte para o híbrido 2B810 na segunda época de semeadura. O crescimento e a área foliar do híbrido 2B810 é menos prejudicado pela condição restritiva da semeadura de setembro, conseqüentemente há maior desempenho da massa de grãos que não permite diferenciação da produtividade entre genótipos para essa época de semeadura.

Palavras-chave: Arranjo de plantas. Genótipos. Redutor de crescimento. Trinexapac-ethyl. *Zea mays* L.

## **GROWTH REGULATORS AND SOWING DATES IN THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF CORN HYBRIDS IN THE FIRST CROP**

### **4.2 ABSTRACT**

Growth regulators can be an important tool in the management of the corn crop, especially in fields with high technology, conducted under dense spatial arrangement on favorable environmental conditions and using genotypes with higher vegetative development. This work aimed to evaluate the use of growth regulators associated with the sowing dates on growth characteristics, yield components and yield grain of corn hybrid first crop. The experiment was conducted in field, crop in 2014/15, in a randomized block design, in a factorial scheme 2x2x3, with two sowing dates (09.19.2014 and 11.23.2014), two corn hybrids (2B610PW and 2B810PW) and three growth regulators (control without application, trinexapac-ethyl 400 g a.i. ha<sup>-1</sup> and clomazine 200 g a.i. ha<sup>-1</sup>) with four replications. The following characteristics were evaluated: plant height, ear insertion height, stem diameter, leaf area index, number of rows per ear, number of grains per row, number of grains per ear, ear length, ear diameter, cob diameter, prolificacy, thousand grain weight and grain yield. Development and yield performance corn is altered by interaction between sowing dates, genotypes and growth regulators. The second sowing date, not limited by water stress, results in better growth and yield performance of the two hybrids. The hybrid 2B610 has a higher performance than the 2B810 in the second sowing date. Trinexapac-ethyl and clomazine for the two hybrids in the first sowing date and for the 2B810 in the second date favor the corn grains yield. Trinexapac-ethyl has size reduction for hybrid 2B810 in the second sowing date. Growth and leaf area of hybrid 2B810 is less damaged by the restrictive condition of september sowing, consequently there is increased performance of the grains mass that does not allow differentiation of yield among genotypes for this sowing date.

Keywords: Arrangement plants. Genotypes. Growth retardant. Trinexapac-ethyl. *Zea mayz* L.

### 4.3 INTRODUÇÃO

O melhoramento genético do milho preconiza a maior interceptação da radiação solar, conseguida com redução da altura de plantas, da altura de inserção de espiga, do número de folhas, da duração do período pendramento-espigamento, além da angulação das folhas mais ereta (OLIVEIRA et al., 2013). Essas alterações aumentam o potencial produtivo, devido a maior tolerância ao adensamento e acamamento, e responsividade à adubação nitrogenada, com otimização da capacidade de translocação de fotoassimilados às estruturas de interesse econômico (COSTA et al., 2015).

Genótipos adaptados as condições edafoclimáticas da região de cultivo com essas características fenotípicas nem sempre estão disponíveis. Nesses casos, a adequação do porte e morfologia das plantas com o uso dos reguladores vegetais são uma alternativa (ZAGONEL, 2002). Esses podem ser de ocorrência natural ou sintéticos, e em baixas doses, alteram o metabolismo, o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, dentre eles, se destacam os reguladores de crescimento vegetal, na maioria produtos utilizados na redução de crescimento das plantas (RADEMASCHER, 2015).

Sua atuação na fisiologia da planta, altera características da arquitetura e porte, facilita tratamentos culturais, reduz a propensão ao acamamento, propicia aumento de densidade, e redução de espaçamentos, além de aumentar a eficiência do uso de recursos como água e radiação solar e assim, aumentar a produtividade (ZAGONEL; FERREIRA, 2013, ZHANG et al., 2014).

Segundo Rademascher (2015), os reguladores de crescimento atuam em diferentes rotas metabólicas, porém em sua maioria, atuam bloqueando a síntese do hormônio giberelina (Ga) que é responsável pelo alongamento do caule. Dentre os que atuam inibindo a biossíntese de Ga, o trinexapac-ethyl assume papel de destaque, sendo amplamente utilizado para cereais de inverno. Esse composto age nas plantas reduzindo a elongação dos entre nós no estágio vegetativo, interfere no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico, pela inibição da enzima 3  $\beta$ -hidroxilase, reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA1) e, assim, aumentando seu precursor biossintético imediato GA20 (DAVIES, 1987).

A redução do crescimento das plantas também pode ser obtida com o uso de hormônios conforme relatado por Moro e Castro (1984) que observaram redução na altura de plantas de milho com a aplicação de Etefom (2-chloroethylphosphonic acid) e até de herbicidas como 2,4-D (mimetizador de auxina) (RADEMASCHER, 2015), clethodim

(ACCase) imazethapyr (acetolactato sintase) (MACIEL et al., 2011), clomazine (inibidores da síntese de carotenóides), que interferem na rota do ácido malônico, e por consequência na síntese dos terpenos (rota independente do ácido mevalônico), nos cloroplastos, e podem diminuir a síntese de Ga e reduzir o crescimento vegetal (KERBAUY, 2004).

Pricinotto (2014) e Fagherazzi (2015), identificaram potencialidades no uso de redutor de crescimento para a cultura do milho, seja no aspecto fitométrico em que pode ocorrer a formação de plantas mais compactas e adaptadas às condições de arranjo espacial adensado, seja na manutenção ou incremento de produtividade de grãos que associado ao manejo adensado da lavoura mostra-se como técnica promissora para o sistema produtivo do milho atual.

Para a condição de cultivo adensado, associar o uso de reguladores vegetais têm como objetivo evitar o crescimento excessivo das plantas e melhorar a arquitetura foliar que por meio da maior eficiência de interceptação da radiação solar pode gerar alto rendimento para a cultura do milho (ZAGONEL e FERREIRA, 2013). No entanto, a consideração da época de semeadura e do genótipo são fundamentais para atingir eficiência produtiva.

A adequação da época de semeadura é essencial para o milho, devido ao caráter tropical da cultura, principalmente em regiões subtropicais em que fatores como temperatura do ar, água e radiação solar tem grande influência no desempenho fenológico e produtivo das plantas (STRECK et al., 2012), com consequências no crescimento e desenvolvimento, alterações no porte e arranjo das plantas no campo (NASCIMENTO et al., 2011). A época de semeadura interfere diretamente na necessidade e na eficiência do uso de reguladores de crescimento, pois esses compostos já amplamente utilizados em cereais de inverno possuem dependência das condições ambientais para agirem de forma satisfatória (PAGLIOSA et al., 2013).

No que se refere aos genótipos, o ciclo, o porte das plantas e suas características foliares como área, angulação e distribuição, são determinantes na obtenção de resposta ao uso de reguladores (PRICINOTTO, 2014). A resposta de materiais genéticos a esses compostos têm sido singular e necessita de investigação para validação da tecnologia no sistema produtivo do milho em diferentes condições ambientais.

Diante das informações expostas, o objetivo do trabalho foi avaliar o uso de reguladores de crescimento associados a épocas de semeadura sobre as características fitométricas, componentes de produção e rendimento de grãos de híbridos de milho cultivados na primeira safra.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

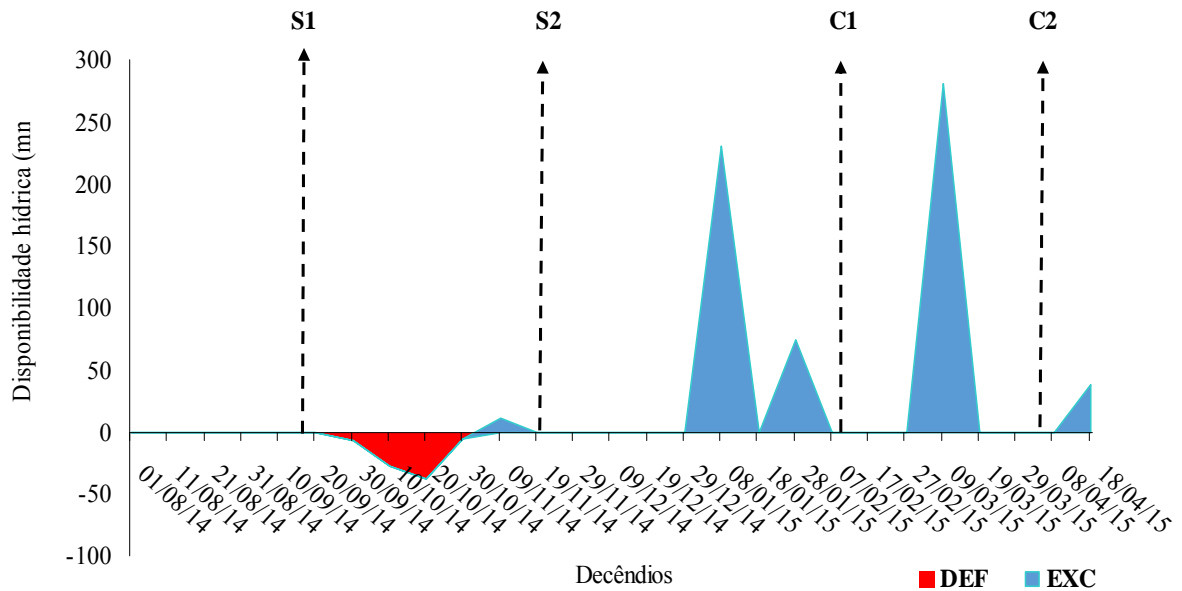
O experimento foi conduzido na safra 2014/2015 na fazenda escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL) (23°20'32" S e 51°12'32" W, altitude média de 540 m). O solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho distroférico (LVd), (EMBRAPA, 2013). O clima da região é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido com verões quentes, segundo classificação de Köpen.

Dados referentes a precipitação pluvial, radiação solar e temperatura do ar do período experimental, foram obtidos junto à estação meteorológica da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Foi calculado o balanço hídrico dos cultivos para o período experimental, englobando as duas épocas de semeadura, com determinação da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith (Figura 4.1). Os valores de temperatura do ar máximas e mínimas e radiação solar durante o período em questão são apresentados na Figura 4.2.

Previamente a instalação dos experimentos foram coletadas amostras de solo das áreas experimentais, na camada de 0 a 20 cm, para análise química. A análise apresentou os seguintes dados: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,50; P = 8,55 mg dm<sup>-3</sup>; K = 1,60 cmolc dm<sup>-3</sup>; Ca = 5,30 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 2,20 cmolc dm<sup>-3</sup>; Al = 0 cmolc dm<sup>-3</sup>; H+Al = 4,28 cmolc dm<sup>-3</sup>; CTC = 13,38 cmolc dm<sup>-3</sup> e V = 68,01%. A adubação de base consistiu da utilização do formulado 08 28 16 na dosagem de 300 kg ha<sup>-1</sup>. No estágio de seis folhas completamente expandidas (V6) foi realizada a adubação de cobertura, na dose de 227 kg ha<sup>-1</sup> de uréia, que corresponde a 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

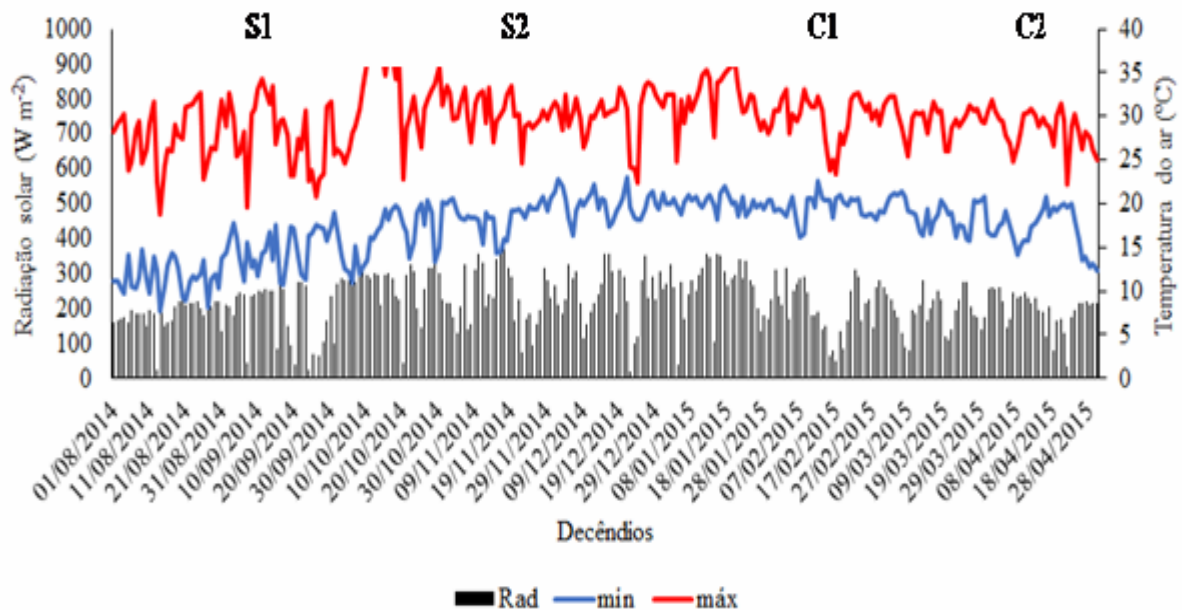
A área experimental teve como cultura antecessora o trigo e, foi preparada em sistema de semeadura convencional com uma aração e uma gradagem realizadas para controle inicial das plantas infestantes e homogeneização do solo. As parcelas experimentais consistiram de seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,45 m entre elas, perfazendo uma área total de 13,5 m<sup>2</sup>. A área útil consistiu de 7,2 m<sup>2</sup>, pois se descartou as linhas laterais e 0,5 m das extremidades de cada parcela. A densidade populacional utilizada foi a mesma para os dois híbridos (75.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

**Figura 4.1** – Balanço hídrico de cultivos segundo método de Penman-Monteith, com valores de disponibilidade hídrica, déficit (DEF) e excedente (EXC) hídrico, referente ao período experimental (1ª e 2ª época de semeadura – S1; C1 e S2; C2, respectivamente), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016.



Fonte: o próprio autor

**Figura 4.2** – Radiação solar (Rad), temperaturas mínimas (mín) e máximas (máx) referentes ao período experimental (1ª e 2ª época de semeadura – S1; C1 e S2; C2, respectivamente), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016.



Fonte: o próprio autor

O experimento foi realizado em delineamento de blocos completos casualizados, em esquema fatorial foi 2x2x3, com quatro repetições, sendo duas épocas de semeadura (19/09/2014 e 23/11/2014), dois híbridos de milho (2B610PW e 2B810PW) e três condições de reguladores de crescimento (testemunha – sem aplicação, trinexapac-ethyl 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> e clomazine 200 g i.a. ha<sup>-1</sup>).

Os dois híbridos de milho utilizados apresentam as seguintes características: 2B610PW é um híbrido do tipo simples, com ciclo precoce, altura média de plantas de 230 cm e nível tecnológico exigido para cultivo considerado alto, o híbrido 2B810 é um híbrido do tipo simples, com ciclo normal, altura média de plantas de 235 cm e nível tecnológico exigido para cultivo considerado alto.

Os reguladores de crescimento vegetal, foram aplicados via foliar com o uso de pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, com pressão de 30 psi e vazão constante de 200 L ha<sup>-1</sup>. A aplicação foi realizada no estágio V6, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993). Foram realizados os tratos culturais e o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças de acordo com as recomendações do sistema de produção da cultura do milho (EMBRAPA, 2012).

As avaliações tiveram seu início após o florescimento pleno da cultura, onde foram tomadas dez plantas ao acaso dentro da área útil das parcelas e avaliadas a altura de plantas (AP) e de inserção de espigas (AE) em centímetros, realizadas por meio da aferição da distância entre a superfície do solo e base do pendão e da espiga principal, respectivamente. As mesmas dez plantas foram utilizadas para avaliação do diâmetro de colmo (DC) em milímetros, o qual foi aferido com auxílio de paquímetro no terço mediano do segundo internódio, a partir da base da planta, no sentido do menor diâmetro.

Foi determinado o índice de área foliar (IAF), expresso em m<sup>2</sup> de folha por m<sup>2</sup> de superfície de solo, estimado com base na aferição do comprimento total (C) e largura do terço médio (L) das folhas fotossinteticamente ativas de dez plantas na área útil de cada parcela. Os dados foram submetidos à seguinte expressão, proposta por Francis

$$(1969): IAF = \frac{(0,75 * C * L)}{(e1 * e2)}, \text{ em que } e1 \text{ e } e2 \text{ referem-se ao espaçamento entre plantas (em m)}$$

na linha de semeadura e entre as linhas, respectivamente.

Após o término do ciclo da cultura foram colhidas as espigas da área útil das parcelas sendo estas contadas, determinando-se a número de espigas por planta (PROL). Foram separadas aleatoriamente dez espigas de cada parcela, onde foram avaliadas as características de comprimento da espiga (CE), por meio da aferição do comprimento das

fileiras de grãos com auxílio de trena graduada, número de fileiras de grãos por espiga (NFE) e número de grãos por fileira (NGF), por meio de simples contagem. Foram ainda determinados os diâmetros de espiga (DE) e de sabugo (DS) com auxílio de paquímetro no terço médio de todas as espigas e os valores expressos em milímetros.

Posteriormente a debulha das espigas da área útil, foram aferidas a massa de mil grãos (MMG) e a produtividade de grãos (PROD). A massa de mil grãos foi determinada conforme metodologia proposta por Brasil (2009) e, a produtividade através da pesagem dos grãos produzidos na área útil, com resultados expressos em  $\text{kg ha}^{-1}$ , ambas com massas corrigidas para 13 % de umidade.

Foram realizadas as análises de variância individuais para todas as características em cada época de semeadura e após constatação da homogeneidade das variâncias, por meio do teste de Hartley, realizou-se a análise conjunta, em esquema fatorial triplo. Quando detectados efeitos significativos os fatores foram desdobrados e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ANAVA mostra efeito significativo para todas as variáveis analisadas, porém com respostas distintas em relação a ação conjunta ou isolada das fontes de variação estudadas: época de semeadura (E), híbridos de milho (H) e reguladores de crescimento (R) (tabela 4.1). Portanto, seguem as características avaliadas e entre parênteses o(s) fator(es) interferente(s), respectivamente: Altura de plantas (E x H x R), altura de inserção de espiga (E x H), diâmetro de colmo (E x H x R), índice de área foliar (E x H), número de fileiras por espiga (E x H), número de grãos por fileira (E x H), número de grãos por espiga (E x H) e (R), comprimento de espiga (E x H) e (R), diâmetro de espiga (E x H), diâmetro de sabugo (H) e (E), prolificidade (E), massa de mil grãos (E x H) e produtividade (E x H x R).

Para altura de plantas e diâmetro de colmo (tabela 4.2), foi constatada superioridade da segunda época de semeadura (23 de novembro) nos dois híbridos em todos os níveis de reguladores, o que possivelmente se deve ao déficit hídrico constatado no início do período vegetativo da primeira época de semeadura, e que comprometeu o alongamento dos entrenós e o crescimento em diâmetro dos colmos.

Wagner et al. (2013) afirmam que a disponibilidade hídrica interfere em todas as fases fenológicas da cultura, com maior ou menor intensidade, e afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas, com consequências diretas no rendimento de grãos. Ressalta-

se a importância da água para o alongamento celular e, conseqüentemente para o alongamento dos colmos, o que se relaciona com o menor porte verificado na condição de restrição hídrica (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Para a comparação entre híbridos (tabela 4.2) foi verificada para o híbrido 2B610 maior altura, apenas no tratamento trinexapac-ethyl da segunda época de semeadura, demonstrando maior sensibilidade do híbrido 2B810 ao uso desse composto em condições normais de disponibilidade hídrica.

Para o diâmetro de colmo houve diferenciação entre genótipos na primeira época de semeadura, com superioridade do híbrido 2B610 nos tratamentos testemunha e clomazine. Na segunda época o híbrido 2B610 apresentou maior diâmetro de colmo para o tratamento com trinexapac-ethyl. Diferenças de desenvolvimento entre genótipos sob condições distintas de disponibilidade hídrica no período vegetativo também foram relatadas por Costa et al. (2008), o que reafirma a influência desses fatores sobre os aspectos fitométricos.

**Tabela 4.1** – Resumo da análise de variância para as características avaliadas em função das épocas de semeadura, genótipos e reguladores de crescimento, na primeira safra. Londrina-PR, 2016.

Quadrado médio	Fonte de variação								CV (%)
	Época (E)	Repetição/Época	Híbrido (H)	Regulador (R)	E x H	E x R	H x R	E x H x R	
A	104272,2*	24,96 <sup>ns</sup>	488,96*	25,02 <sup>ns</sup>	87,48 <sup>ns</sup>	256,74*	4,01 <sup>ns</sup>	194,89*	3,08
AE	64724,14*	53,62 <sup>ns</sup>	10,64 <sup>ns</sup>	7,45 <sup>ns</sup>	2366,02*	42,58 <sup>ns</sup>	2,11 <sup>ns</sup>	56,63 <sup>ns</sup>	4,30
DC	110,41*	2,52 <sup>ns</sup>	24,08*	1,68 <sup>ns</sup>	3,20 <sup>ns</sup>	2,89 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	5,12*	5,46
IAF	33,567*	0,071 <sup>ns</sup>	0,099 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,639*	0,231 <sup>ns</sup>	0,064 <sup>ns</sup>	0,054 <sup>ns</sup>	10,31
NF	77,52*	1,54*	4,69*	0,77 <sup>ns</sup>	2,52*	1,52 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	4,57
NGF	27,00*	14,33*	140,08*	11,52 <sup>ns</sup>	44,08*	17,06 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	3,64 <sup>ns</sup>	6,84
GE	47439,18*	9179,94*	70917,19*	8682,94*	20542,69*	2780,06 <sup>ns</sup>	704,44 <sup>ns</sup>	163,31 <sup>ns</sup>	7,70
CE	0,56 <sup>ns</sup>	2,75*	21,51*	3,71*	12,93*	1,009 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	5,90
DE	31,91*	3,79 <sup>ns</sup>	36,61*	2,44 <sup>ns</sup>	102,03*	2,86 <sup>ns</sup>	4,81 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	3,40
DS	74,02*	1,03 <sup>ns</sup>	20,85*	1,97 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	2,73 <sup>ns</sup>	5,38 <sup>ns</sup>	5,22 <sup>ns</sup>	4,81
PROL	0,059*	0,010 <sup>ns</sup>	0,011 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	7,36
MMG	13721,32*	314,83 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	292,61 <sup>ns</sup>	27840,24*	823,94 <sup>ns</sup>	863,01 <sup>ns</sup>	129,54 <sup>ns</sup>	5,88
PROD	141379670,46*	5389543,29 <sup>ns</sup>	161697565,34*	8735969,34*	66946662,03*	166886,74 <sup>ns</sup>	16212920,20*	9394987,79*	12,16

A: altura de planta; AE: altura de inserção da espiga; DC: diâmetro de colmo; IAF: índice de área foliar; NF: número de fileiras por espiga; NGF: número de grãos por fileira; GE: número de grãos por espiga; CE: comprimento de espiga; DE: diâmetro de espiga; DS: diâmetro de sabugo; PROL: prolificidade; MMG: massa de mil grãos; PROD: produtividade de grãos. CV: Coeficiente de variação.

ns - não significativo, \* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: o próprio autor

**Tabela 4.2** – Parâmetros fitométricos das plantas de milho, em resposta a épocas de semeadura, híbridos e reguladores de crescimento, na primeira safra. Londrina-PR, 2016.

Épocas de semeadura	Híbridos					
	2B610PW			2B810PW		
	Reguladores de crescimento					
	t. ethyl <sup>†</sup>	clomazine	testemunha	t. ethyl <sup>†</sup>	clomazine	testemunha
	Altura de plantas (cm)					
1 <sup>a</sup> (19/09/2014)	156,35 baA	159,30 baA	155,35 baA	159,70 baA	152,40 baAB	147,85 baB
2 <sup>a</sup> (23/11/2014)	251,85 aaA	252,95 aaA	253,95 aaA	233,80 aβB	246,95 aaA	250,75 aaA
	Diâmetro de colmo (mm)					
1 <sup>a</sup> (19/09/2014)	19,40 baA	19,90 baA	19,90 aaA	18,00 baA	18,35 bβA	17,05 bβA
2 <sup>a</sup> (23/11/2014)	23,75 aaA	21,80 aaB	21,20 aaB	21,40 aβA	21,40 aaA	21,85 aaA

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula para épocas de semeadura, maiúscula para reguladores de crescimento e letras gregas para híbridos, não diferem estatisticamente pelo teste F e teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade.

**Fonte:** o próprio autor

Na comparação dos reguladores de crescimento (tabela 4.2), não se constatou diferenças entre eles para a altura de plantas do híbrido 2B610 nas duas épocas de semeadura. Na primeira época de semeadura, o híbrido 2B810, teve maior altura para o tratamento contendo trinexapac-ethyl. Isso demonstra que o composto não foi efetivo na redução do porte nesta época, contudo, em condições de déficit hídrico o TE pode ter atuado em outros processos fisiológicos, como a redução da respiração, contribuindo para o maior desenvolvimento das plantas em relação a testemunha e ao clomazine.

Essa informação se sustenta pelo que foi proposto por Heckman et al. (2002), que afirmam que o uso de trinexapac-ethyl pode inibir parcialmente o transporte de elétrons nas mitocôndrias, reduzindo desta forma a respiração celular, o que indica uma outra função potencial para o uso deste composto.

Na segunda época de semeadura esse quadro se inverte, com redução do crescimento pelo TE, com 13 cm em relação ao clomazine e 17 cm em relação a testemunha sem aplicação. O redutor de crescimento trinexapac-ethyl é efetivo em reduzir o porte das plantas sob condição suficiente de disponibilidade hídrica, em caso de restrição o composto reduz sua eficiência e, essas informações permitem direcionar as recomendações de uso desses compostos quanto a condição ambiental predominante (RADEMASCHER, 2015), corroborando com essa informação observa-se os seguintes trabalhos: Hawerroth et al. (2015)

para aveia branca, Fernandes (2009) para trigo e Pricinotto (2014) para milho. Pagliosa et al. (2013), no entanto não verificaram efeito do regulador de crescimento sobre trigo, isso devido a restrição hídrica.

Para o diâmetro de colmo, não se verificou resposta do híbrido 2B810 aos reguladores de crescimento. Já no caso do híbrido 2B610 houve resposta na segunda época de semeadura, com maior diâmetro no tratamento com trinexapac-ethyl. Engrossamento do colmo também foi encontrado por Pricinotto et al (2015) para milho cultivado em condições de casa de vegetação e por Souza et al (2013) para soja, e, ao aumento em espessura em detrimento do alongamento do entrenó.

Fagherazzi (2015) utilizando com o regulador trinexapac-ethyl na cultura do milho, em estádios fenológicos e cultivares distintas, relata redução na altura de plantas com o incremento na dose do regulador até a dose de 800 g i.a. ha<sup>-1</sup>, além disso houve redução comprovada do acamamento em resposta a aplicação do regulador trinexapac ethyl, corroborando os resultados observados para o trinexapac-ethyl nesse experimento em épocas e genótipos específicos.

Pricinotto et al. (2015), também relatam que o regulador trinexapac-ethyl incrementou o diâmetro do colmo e reduziu a altura das plantas. Os autores mencionam ainda a possibilidade de adoção de novos arranjos de plantas para a cultura em função da redução de porte proporcionada pelo redutor de crescimento vegetal. Essa possibilidade está aliada a mudança na arquitetura foliar (folhas mais eretas) dos híbridos modernos, que mantém maiores taxas fotossintéticas, em alta densidade de plantas, em relação aos híbridos clássicos (MARCHÃO et al., 2005), possuem maior eficiência do uso da radiação solar durante o enchimento de grãos, e por consequência apresentam maior rendimentos de grãos por área (FOLONI et al., 2015).

Para as variáveis altura de inserção de espiga e índice de área foliar (IAF), houve efeito de híbridos e épocas de semeadura (tabela 4.3). Foi constatada superioridade da semeadura de novembro em relação a semeadura de setembro para as duas características, isso devido a quantidade e melhor distribuição das precipitações pluviárias e da maior incidência de luz, obtida entre a mínima e a máxima radiação neste período, principalmente na fase vegetativa.

**Tabela 4.3** – Parâmetros fitométricos das plantas de milho, médias de reguladores de crescimento, em resposta a épocas de semeadura e híbridos, na primeira safra. Londrina-PR, 2016.

Épocas de semeadura	Híbridos	
	2B610PW	2B810PW
	Altura de inserção de espiga (cm)	
1ª (19/09/2014)	66,00 bB	80,98 bA
2ª (23/11/2014)	153,48 aA	140,38 aB
	Índice de área foliar	
1ª (19/09/2014)	2,70 bA	2,37 bB
2ª (23/11/2014)	4,14 aA	4,27 aA

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: o próprio autor

Resposta semelhante foi encontrada por Bergamaschi et al. (2010), que ao comparar o cultivo de sequeiro e irrigado, verificaram cerca de 20% mais interceptação da radiação solar, ou seja, maior IAF quando houve maior disponibilidade hídrica. França, Bergamaschi e Rosa (1999) observaram que o déficit hídrico afetou negativamente o índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca nas plantas de milho, corroborando os resultados obtidos.

Na comparação de híbridos (tabela 4.3), houve comportamento inverso nas duas épocas de semeadura, com superioridade em altura de inserção de espiga do híbrido 2B810 na semeadura de setembro e do 2B610 na semeadura de novembro. A resposta pode estar relacionada a um estiolamento da planta em busca por radiação solar em setembro, resultando numa inserção mais alta da espiga. Plantas quando estão em competição por luz apresentam inserção de espiga mais alta. Além da maior suscetibilidade ao déficit hídrico desse genótipo, sendo que na condição de disponibilidade hídrica da segunda época de semeadura o híbrido 2B610 se destacou.

Para o IAF, não houve diferença entre genótipos na segunda época de semeadura, porém o 2B610 superou o 2B810 na primeira época, o que demonstra que sob condições de restrição hídrica o genótipo de maior ciclo, que deveria ter maior número de folhas e conseqüentemente maior área foliar, teve seu crescimento e desenvolvimento mais prejudicado.

Nascimento et al. (2011) ao trabalhar com épocas de semeadura e três

cultivares de milho, observaram diferenças no IAF, com superioridade do híbrido simples DKB 333, porém diferente do presente trabalho, a época mais tardia de semeadura resultou em menor cobertura foliar da área. O que seria de se esperar neste estudo caso as condições hídricas fossem normais, ou seja, sem restrição excessiva na primeira época de semeadura.

Quanto aos parâmetros relacionados a espiga (tabela 4.1), observa-se que o diâmetro de sabugo apresentou diferenciação apenas entre híbridos, com superioridade do 2B610 (27,38 mm), em relação ao 2B810 (26,07 mm).

Os reguladores apresentaram efeito de forma isolada nas características número de grãos por espiga e comprimento de espiga, com o tratamento clomazine sendo superior a testemunha nos dois parâmetros, e se igualando ao trinexapac-ethyl (tabela 4.4). Isso permite inferir que os reguladores de crescimento afetaram positivamente a dinâmica de partição dos fotoassimilados para o órgão de interesse econômico, o que aumentou a quantidade de óvulos na espiga e conseqüentemente o comprimento das mesmas.

Resultado semelhante foi relatado por Pricinotto (2014), em que o redutor de crescimento utilizado (trinexapac-ethyl) também aumentou o comprimento de espigas, com efeitos também sobre o número de grãos por fileira, que se relaciona com o aumento no número de grãos por espiga. Segundo Oliveira et al (2013), a modificação de arquitetura foliar das plantas, principalmente a redução do ângulo de inserção, otimiza a interceptação da radiação solar e melhora a dinâmica de translocação de fotoassimilados, o que favorece o número de grãos por espiga. Essa resposta se relaciona com a modificação na relação fonte-dreno, onde a redução de crescimento da parte vegetativa (colmo) é convertida para o órgão reprodutivo.

**Tabela 4.4** – Características de espigas de milho cultivado na primeira safra, média de dois híbridos e duas épocas de cultivo, em resposta a reguladores de crescimento, na primeira safra. Londrina-PR, 2016.

Reguladores de crescimento		
t. ethyl <sup>P</sup>	clomazine	testemunha
Número de grãos por espiga		
593 ab	612 a	566 b
Comprimento de espiga (cm)		
16,19 ab	16,45 a	15,51 b

\*Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: o próprio autor

Para o número de fileiras por espiga (tabela 4.5) houve superioridade do híbrido 2B610 em relação ao 2B810 na primeira época de semeadura e, da segunda época em relação a primeira nos dois híbridos, devido as melhores condições hídricas durante o ciclo iniciado em novembro. Em relação ao número de grãos por fileira, verifica-se superioridade para o híbrido 2B610 na primeira época.

O número de grãos por espiga do híbrido 2B610 na primeira época foi superior ao do 2B810, isso determinado pela superioridade antes demonstrada no número de fileiras e grãos por fileira na condição de menor disponibilidade hídrica. Já na segunda época não se verifica diferença entre híbridos, mesmo com a diferença de ciclo dos mesmos. Era de se esperar uma maior produção para ciclos mais longos, principalmente em semeaduras mais tardias, conforme abordado por Sangoi et al. (2010).

**Tabela 4.5** – Características de espigas de milho cultivado na primeira safra em resposta a híbridos e épocas de semeadura, na primeira safra. Londrina-PR, 2016.

Épocas de semeadura	Híbridos	
	2B610PW	2B810PW
	----- Número de fileiras por espiga -----	
1ª (19/09/2014)	16,42 bA	15,33 bB
2ª (23/11/2014)	18,50 aA	18,33 aA
	----- Número de grãos por fileira -----	
1ª (19/09/2014)	38,00 aA	32,67 aB
2ª (23/11/2014)	34,58 bA	33,08 aA
	----- Número de grãos por espiga -----	
1ª (19/09/2014)	618 aA	500 bB
2ª (23/11/2014)	640 aA	604 aA
	----- Comprimento de espiga (cm) -----	
1ª (19/09/2014)	17,13 aA	14,75 bB
2ª (23/11/2014)	16,31 bA	16,01 aA
	----- Diâmetro de espiga (mm) -----	
1ª (19/09/2014)	46,67 bA	47,84 aA
2ª (23/11/2014)	51,21 aA	46,56 aB

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T a 5% de probabilidade.

Fonte: o próprio autor

Em relação a épocas de semeadura, constatou-se maior número de grãos por espiga na segunda época em relação a primeira para o híbrido 2B810, o que permite

classificar o genótipo mais tardio como mais sensível ao déficit hídrico se considerarmos os componentes de rendimento. Para o híbrido 2B610 não houve diferença entre as épocas quanto ao número de grãos por espiga.

Para comprimento de espiga na comparação de híbridos foi constatada superioridade do 2B610 na semeadura de setembro. Já na comparação de épocas houve comportamento inverso dos genótipos, ou seja, para o 2B610 o maior comprimento foi na primeira e para o 2B810 na segunda época de semeadura, demonstrando relação direta com o número de grãos por fileira anteriormente abordado.

Para o diâmetro de espiga (tabela 4.5), se destaca superioridade do híbrido 2B610 na segunda época, onde as melhores condições meteorológicas proporcionaram maior desenvolvimento dos grãos, como pode ser verificado nas figuras 4.1 e 4.2.

Para a massa de mil grãos (tabela 4.6), se obteve resposta de interação entre híbridos e épocas de semeadura. Verifica-se superioridade de massa de grãos do 2B810 na primeira época, e do 2B610 na segunda época. Para a comparação entre épocas, houve maior resposta na segunda época de semeadura para o genótipo 2B610 e ao contrário, na primeira época para o híbrido 2B810.

Essas respostas contrastantes se sustentam pela maior ou menor tolerância dos genótipos ao déficit hídrico, ou seja, para 2B610 que manteve maiores os números de fileiras e de grãos por fileira na época em que ocorreu déficit hídrico, sua massa de grãos foi reduzida nessa condição, ao passo que o 2B810 que havia mostrado menor número de fileiras e de grãos por fileira, teve nessa condição maior massa de grãos, devido ao menor número de grãos, ou seja, menor competição por fotoassimilados, e isso mesmo com menor área foliar para o híbrido 2B810.

Ainda no que tange os componentes de produção, o número de espigas por planta, ou prolificidade (tabela 4.1), mostrou resposta significativa apenas para época de semeadura, com menos de uma espiga por planta na primeira (0,96). Já na segunda época, com condição mais favorável de cultivo o resultado superou uma espiga por planta (1,03), o que está intimamente relacionado ao crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente relacionado ao IAF que foi superior na semeadura de novembro. Isso pode estar relacionado também ao déficit hídrico, pois a planta apresenta dominância apical e, com redução de fotoassimilados prioriza o pendão e a espiga superior. Resposta semelhante foi observada por Nascimento et al. (2011) em que a época de semeadura de agosto resultou em menor prolificidade que a mais tardia de dezembro.

**Tabela 4.6** – Massa de mil grãos de milho, média de três reguladores de crescimento, cultivado na primeira safra em resposta a híbridos e épocas de semeadura, na primeira safra. Londrina-PR, 2016.

Épocas de semeadura	Híbridos	
	2B610PW	2B810PW
	Massa de mil grãos (g)	
1ª (19/09/2014)	236,54 bB	284,71 aA
2ª (23/11/2014)	318,52 aA	270,36 bB

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: o próprio autor

A produtividade de grãos (tabela 4.7), foi influenciada pela interação entre época de semeadura, híbridos e reguladores de crescimento. O híbrido 2B610 apresentou maior produtividade na segunda época de semeadura em que ocorreram melhores condições hídricas, para todos os reguladores de crescimento. Já o híbrido 2B810 não apresentou diferenças entre as duas épocas, exceto para o tratamento com clomazine que demonstrou maior produtividade na segunda época.

Na comparação de híbridos houve igualdade entre os tratamentos trinexapac-ethyl e testemunha da primeira época, porém com maior rendimento de grãos do híbrido 2B610 no tratamento com clomazine. Na segunda época de semeadura, o híbrido 2B610 obteve resultado superior em todas as condições, superando em 9 toneladas o híbrido 2B810 no tratamento testemunha.

É notória a diferença produtiva entre os genótipos, evidenciada na segunda época de semeadura em que as condições ambientais não foram restritivas. Porém cabe ressaltar que a não diferenciação observada na primeira época de semeadura entre os genótipos se deve a compensação de massa pelos grãos do híbrido 2B810, que mesmo com menor área foliar e menor número de grãos por espiga, não teve sua produtividade reduzida ao ponto de ocorrer diferença significativa.

O híbrido que se destacou possui um ciclo menor, com menor necessidade térmica para atingir a floração (860 GD), em relação ao 2B810 (920 GD), porém ao contrário do que era esperado o desenvolvimento de área foliar foi igual em ambos (tabela 4.3). Portanto, a diferença de rendimento se deve ao enchimento de grãos que ocorreu de forma mais eficiente no material mais precoce, isso possivelmente pela maior capacidade de

direcionamento dos fotoassimilados para o órgão de interesse econômico, além do maior número de grãos por espiga, como foi verificado na tabelas 4.5 e 4.6.

**Tabela 4.7** – Produtividade de grãos de milho, em resposta a épocas de semeadura, híbridos e reguladores de crescimento, na primeira safra. Londrina-PR, 2016.

Épocas de semeadura	Híbridos					
	2B610PW			2B810PW		
	Reguladores de crescimento					
	t. ethyl <sup>B</sup>	clomazine	testemunha	t. ethyl <sup>B</sup>	clomazine	testemunha
	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )					
1 <sup>a</sup> (19/09/2014)	12102,83 baA	12573,07 baA	11398,45 baA	12037,37 aaA	10303,26 bβA	9023,29 aaA
2 <sup>a</sup> (23/11/2014)	17018,25 aaA	17577,13 aaA	18862,20 aaA	13703,60 aβA	12632,37 aβA	9807,21 aβB

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula para épocas de semeadura, maiúscula para reguladores de crescimento e letras gregas para híbridos, não diferem estatisticamente pelo teste F e teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade.

Fonte: o próprio autor

Para reguladores de crescimento foi verificado efeito significativo apenas para o híbrido 2B810 na segunda época de semeadura, onde os reguladores proporcionaram maior rendimento de grãos em relação à testemunha. Isso possivelmente se deve ao maior porte desse híbrido, ainda estimulado pelas condições ambientais favoráveis na segunda época de cultivo, e foi portanto influenciado de forma mais efetiva pelos reguladores, que ao proporcionarem plantas mais compactas, favoreceram a interceptação da radiação solar e consequentemente o enchimento de grãos em relação a testemunha sem regulador.

De maneira geral houve superioridade numérica dos tratamentos contendo reguladores em relação a testemunha sem aplicação, exceto no caso do híbrido 2B610 na segunda época de semeadura.

Na primeira época de semeadura verificou-se superioridade em relação a testemunha do clomazine de 1.175 e 1.280 kg ha<sup>-1</sup> e do trinexapac-ethyl de 704 e 3014 kg ha<sup>-1</sup> para os híbridos 2B610 e 2B810, respectivamente. Além disso, na segunda época, o híbrido 2B810 obteve 2.825 e 3893 kg ha<sup>-1</sup> a mais para os tratamentos com clomazine e trinexapac-ethyl em relação a testemunha sem aplicação.

O resultado positivo conseguido com o uso do clomazine é relacionado com a sua ação inibitória na biossíntese de diterpenos, que por consequência diminui a produção de giberelina e teve seu efeito constatado sobre o crescimento (colmo) e reflexos na produção

de grãos, por meio da alteração da relação fonte-dreno.

O resultado do trinexapac-ethyl, se relaciona com o que foi observado por Pricinotto (2014), onde o maior rendimento de grãos foi relacionado a maior eficiência de interceptação da radiação solar pelas plantas que tiveram aplicação do redutor de crescimento, supostamente pela modificação arquitetônica das folhas, que dispostas de forma mais ereta, aumentaram sua eficiência biológica.

No entanto o trabalho supramencionado, obteve incremento na produtividade com a utilização do trinexapac-ethyl em conjunto com maiores densidades de plantas, o que não foi testado no presente estudo, portanto a resposta favorável apenas dos reguladores torna ainda mais viável a obtenção de incremento no potencial produtivo do milho somando-se essa tecnologia a possibilidade de uso de maiores densidades populacionais.

Ferreira e Zagonel (2013) ao avaliar o efeito do trinexapac-ethyl em doses e épocas de aplicação sobre dois híbridos de milho, constataram aumento da largura e diminuição do comprimento das folhas com o incremento da dose do produto para um híbrido, sem efeitos substanciais nos componentes da produção e na produtividade. Pricinotto et al. (2015), em trabalho realizado em casa de vegetação, verificaram redução da produção de grãos por planta. Considerando os resultados relatada dos por esses autores, bem como os obtidos nas diferentes épocas de semeadura, fica evidente que a expressão do efeito dos reguladores de crescimento depende da interação com os fatores de manejo.

Dentre todas as características analisadas, especialmente a produtividade de grãos, tem-se a época de semeadura como o fator preponderante. Pode-se considerar que foram avaliados dois ambientes de cultivo distintos, já que no caso da semeadura antecipada de setembro, a ocorrência de déficit hídrico no início do ciclo afetou significativamente o desenvolvimento das plantas, com redução efetiva da área fotossinteticamente ativa e por consequência do rendimento de grãos por hectare.

O desempenho dos híbridos e dos reguladores de crescimento, assim como sua interação é diretamente afetado pelo fator ambiental, fazendo-se necessários mais estudos que forneçam maiores resultados a essa investigação e futuramente possam ser realizadas recomendações de uso dos reguladores em função de genótipos e ambientes de cultivo.

Conforme Bergamaschi e Matzenauer (2014), uma das consequências imediatas do déficit hídrico é a diminuição da expansão celular, que causa redução da área foliar. A redução na área foliar causa decréscimo da taxa de crescimento da planta, especialmente durante os estádios iniciais de crescimento e, em consequência, menor

interceptação da radiação solar, por fim esse menor desempenho vegetativo culmina na redução de rendimento de grãos que é a estrutura de interesse econômico.

Quanto aos reguladores de crescimento destaca-se a dependência do trinexapac-ethyl de condições hídricas adequadas para a obtenção de plantas compactas e assim possibilitar a utilização do arranjo espacial adensado no milho, no entanto nessa condição restritiva o composto pode agir em outros aspectos fisiológicos como na redução de respiração pelas plantas. E quando o ambiente não é restritivo existe efeito variável quanto ao genótipo, com incremento produtivo para o 2B810 e redução para o 2B610, o que permite inferir a necessidade de mais avaliações, com mais genótipos e condições edafoclimáticas que possam sustentar a recomendação futura desse regulador.

O composto clomazine apresentou efetividade na modificação do porte e diâmetro de colmo das plantas, também com influência da condição ambiental e de genótipo. Destaca-se para ele o maior número de grãos produzidos e o bom desempenho produtivo do milho, principalmente na primeira época de semeadura em que a restrição hídrica reduziu numericamente a produtividade da testemunha e do trinexapac-ethyl de forma mais efetiva.

#### 4.6 CONCLUSÕES

O desenvolvimento e o desempenho produtivo do milho é alterado pela interação entre as épocas de semeadura, híbridos e reguladores de crescimento.

A segunda época de semeadura, não limitada pela deficiência hídrica, resulta em melhor desenvolvimento e desempenho produtivo para os dois híbridos.

O híbrido 2B610 apresenta maior desempenho produtivo que o 2B810 na segunda época de semeadura.

O trinexapac-ethyl e o clomazine para os dois híbridos na primeira época e para o 2B810 na segunda época favorecem a produtividade de grãos do milho. O trinexapac-ethyl apresenta redução de porte para o híbrido 2B810 na segunda época de semeadura.

O crescimento e a área foliar do híbrido 2B810 é menos prejudicado pela condição restritiva da semeadura de setembro, conseqüentemente há maior desempenho da massa de grãos que não permite diferenciação da produtividade entre genótipos para essa época de semeadura.

#### 4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C. G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 519-527, 2002.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; KRÜGER, C. A. M. B.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Intercepted solar radiation by maize crops subjected to diferente tillage systems and water availability levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 1331-1341, 2010.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS, 2014, 81p.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.
- COSTA, J. R. D.; PINHO, J. L. N. D.; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 443-450, 2008.
- COSTA, K. D. D. S. et al. Avaliação de genótipos de milho em diferentes densidades populacionais. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 11, n. 1, p. 27-36, 2015.
- DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: ----- **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Netherlands: Kluwer Academic, 1987, p.1-23.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. ver. Ampl. – Brasília, DF, Embrapa, 2013. 353p.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção: Cultura do milho**. 8ed. Versão eletrônica, out. 2012. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_7ed/autos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7ed/autos.htm)>. Acesso em: 02 de julho de 2015.
- FAGHERAZZI, M. M. **Respostas morfo-agronômicas do milho a aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes estádios fenológicos e doses de nitrogênio**. 2015. 93p. (Mestrado). Centro de ciências agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.
- FERNANDES, A.C. **População de plantas e regulador de crescimento afetando a produtividade de cultivares de trigo**. 2009. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa - PR, 2009.
- FRANCIS, C.A. RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E.A. Rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays*). **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 537-539, 1969.
- FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 59-66, 1999.

- FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; CATUCHI, T. A.; BELLEGGIA, N. A.; TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. D. M.. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 3, p. 312-325, 2015.
- HAWERROTH, M. C.; DA SILVA, J. A. G.; SOUZA, C. A.; DE OLIVEIRA, A. C.; DE SOUZA LUCHE, H.; ZIMMER, C. M.; HAWERROTH, F. J.; SCHIAVO, J.; SPONCHIADO, J. C. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.
- HECKMAN, N. L.; ELTHON, T. E.; HORST, G. L. e GAUSSOIN, R. E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**, Guanabara Koogan. Rio de Janeiro: 2004, 453p.
- MACIEL, C. D. G.; POLETINE, J. P.; RAIMONDI, M. A.; RODRIGUES, M.; RIBEIRO, R. B.; COSTA, R. S.; MAIO, R. M. D. Desenvolvimento de gramados submetidos à aplicação de retardadores de crescimento em diferentes condições de luminosidade. **Planta Daninha**, v. 29, p. 383-395, 2011.
- MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M. e GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.
- MORO, J. R.; CASTRO, P. R. C. Ação de reguladores vegetais na morfologia e produtividade do milho (*Zea mays L.*). **Revista de Agricultura**, v. 59, n. 3, p. 301-311, 1984.
- NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADO, M. B.; CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, p. 193-201, 2011.
- OLIVEIRA, L. R. et al. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista ciência agronômica**, v. 44, n. 3, p. 614-621, 2013.
- PAGLIOSA, E. E.; BENIN, G.; BIEZUS, E.; BECHE, E.; SILVA, C.; MARCHESE, J.; MARTIN, T. Trinexapac-ethyl and nitrogen fertilization rates in wheat crop. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013.
- PRICINOTTO, L. F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas**. 2014. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.
- PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C.; FONSECA, I. C. B.; OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. S.; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-ethyl in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 14, p. 1735-1742, 2015.
- RADEMASCHER, W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulators**, v. 34, p. 845-872, 2015.

- RITCHIE, S. W. HANWAY, J. J.; BENSON, G. O.; HERMAN, J. C. **How a corn plant develops**: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service 1993.
- SANGOI, L., SILVA, P. R. F., ARGENTA, G., RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages - SC: Graphel, 2010. 87.
- STRECK, N. A.; SILVA, S. D. D.; LANGNER, J. A. Assessing the response of maize phenology under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 1-12, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4a ed. Editora Artmed. 2009. 820p.
- WAGNER, M. V.; JADOSKI, S. O.; MAGGI, M. F.; SAITO, L. R.; LIMA, A. S. Estimativa da produtividade do milho em função da disponibilidade hídrica em Guarapuava, PR, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 170-179, 2013.
- ZAGONEL, J. et al. Doses de nitrogênio e densidade de 199 plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, 200 n. 1, p. 25-29, 2002.
- ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Rates and times of growth regulator application on corn hybrids: **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, p. 395-402, 2013.
- ZHANG, Q.; ZHANG, L.; EVERS, J.; VAN DER WERF, W.; ZHANG, W.; DUAN, L. Maize yield and quality in response to plant density and application of a novel plant growth regulator, **Field Crops Research**. v. 164, p. 82-89, 2014.

## 5 ARTIGO C

### TRINEXAPAC-ETHYL NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO CULTIVADOS NA PRIMEIRA SAFRA

#### 5.1 RESUMO

A utilização e reguladores de crescimento vegetal, como o trinexapac-ethyl que já possui comprovada eficiência para cereais de inverno, pode ser uma alternativa para controle do porte e alterações na morfologia de plantas de milho, possibilitando a utilização de arranjos espaciais adensados. Contudo, as respostas a ação do produto pode ser variável em função do genótipo. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do trinexapac-ethyl sobre as características de crescimento, os componentes de produção e o rendimento de grãos de diferentes híbridos de milho, cultivados na primeira safra. O experimento foi conduzido em campo na safra 2014/15, sob delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x7, com quatro repetições. Foram avaliados a ausência e a presença de aplicação do trinexapac-ethyl (250 g i.a. ha<sup>-1</sup>) no estágio V6 e sete híbridos de milho (2B 610 PW, 2B 810 PW, 30F53 YH, Status Viptera TL/TG, P2530, 30R50 YH, Celeron TL/TG). Foram avaliadas as seguintes características: Altura de plantas, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, índice de área foliar, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, comprimento de espiga, diâmetro de espiga, massa de mil e produtividade de grãos. Não há interação entre o trinexapac-ethyl e os híbridos utilizados, mesmo com morfologia e potencial agrônomo diferenciados entre eles. O trinexapac-ethyl é eficiente na redução de altura das plantas de todos os genótipos, sem alterar os componentes de produção e o rendimento de grãos. A produção de plantas compactas pelo redutor evita os prejuízos do crescimento excessivo e facilita o emprego do arranjo de plantas adensado, com incremento na produção de grãos por área. Os híbridos apresentam características de crescimento vegetativo, componentes de rendimento e produtividade de grãos distintos, com destaque para os genótipos com precocidade normal que refletem sua superioridade de crescimento em desempenho produtivo.

Palavras-chave: Arranjo de plantas. Cultivares híbridas. Genótipos modernos. Redutor de crescimento. *Zea mayz* L.

## TRINEXAPAC-ETHYL IN THE AGRONOMIC PERFORMANCE OF CORN HYBRIDS CULTIVATED IN THE FIRST CROP

### 5.2 ABSTRACT

The availability of genotypes with reduced size characteristics and leaf architecture adapted for dense spatial arrangements is variable at this juncture the use of plant growth retardants can be an alternative. The trinexapac-ethyl which already has efficiency to cereals, it is also promising in maize. This study aims to evaluate the effect of trinexapac-ethyl on the growth characteristics, yield components and grain yield of corn hybrids cultivated in the first crop. The experiment was conducted in field in the crop 2014/15, under randomized block design in a factorial scheme 2x7, absence and presence of application of trinexapac-ethyl (250 g a.i. ha<sup>-1</sup>) and seven corn hybrids (2B 610 PW , 2B 810 PW, 30F53 YH, Status Viptera TL/TG, P2530, 30R50 YH, Celeron TL/TG). The following characteristics were evaluated: plant height, ear insertion height, stem diameter, leaf area index, number of rows per ear, number of grains per row, number of grains per ear, ear length, ear diameter, mass hundred and grain yield. There is no interaction between the trinexapac-ethyl and the hybrids used, even with differentiated morphology and agronomic potential between them. The trinexapac-ethyl is efficient in reduct the plant height of all the genotypes, without affect the components of production and grain yield. The production of compact plants by growth retardant, avoid the damage of excessive growth, and facilitates the use of dense arrangement of plants, an increase in grain yield by area. Hybrids have vegetative growth characteristics, yield components and grain yield different, especially for genotypes with normal precocity that reflect their growing superiority in yield performance.

Keywords: Arrangement plants. Hybrid cultivars. Modern genotypes. Growth retardant. *Zea mays* L.

### 5.3 INTRODUÇÃO

Na cultura do milho, o aumento da produtividade agrícola passa pelo melhoramento vegetal, através do desenvolvimento de cultivares mais produtivas e adaptadas a região em que se irá cultivar. O milho apresentou o maior incremento produtivo dentre os cultivos desde a segunda metade do século XX, isso para as mais variadas regiões do mundo (SANGOI et al., 2002; MARCHÃO et al., 2005). Segundo Cruz e Pereira Filho (2009), de modo geral a cultivar é responsável por 50% do rendimento final da cultura, sendo que o ambiente e os tratos culturais determinam o restante.

Uma das variáveis importantes na definição do rendimento final do milho é o genótipo utilizado. A determinação do rendimento de grãos de diferentes tipos de cultivares de milho, em níveis tecnológicos distintos, é ferramenta necessária para a tomada de decisões no manejo e no melhoramento, por possibilitar a identificação dos fatores limitantes (SANGOI et al., 2007). Costa et al. (2015) afirmam que é preciso estudos referentes ao manejo agrotecnológico da cultura, para a maximização do potencial produtivo destes novos materiais.

As modificações supramencionadas, visam a melhoria no arranjo espacial da cultura do milho como incrementos na densidade populacional (COSTA et al., 2015) e redução do espaçamento entrelinhas (LANA et al., 2014), com respostas positivas ao rendimento de grãos (FOLONI et al., 2015). As características dessas cultivares modernas favorecem a eficiência de interceptação e a conversão da radiação solar em fotoassimilados, e isso é possível devido ao mecanismo fotossintético C4 do milho (COLONEGO et al., 2011).

As alterações no arranjo espacial nem sempre são benéficas a cultura do milho, pois o manejo adensado pode acarretar em ocorrência de crescimento excessivo, e por consequência em acamamento e quebraimento de plantas, além do autosombreamento das folhas inferiores devido sua distribuição alternada e oposta das folhas ao longo do perfil da planta (SANGOI et al., 2010).

Os genótipos com características modernas, se adaptam ou não as condições de cultivo adensado e de maior tecnificação, e isso reflete diretamente no potencial produtivo dos materiais, sendo o fator genético interligado fortemente com a condição ambiental para as respostas de desenvolvimento e produtividade (KAPPES, 2010). Todavia, a não adequação do genótipo a essas novas opções de arranjos espaciais, podem ser superadas pelo uso dos reguladores de crescimento, que em sua maioria bloqueiam a síntese do hormônio giberelina (Ga), responsável pelo alongamento do caule (ZAGONEL e FERREIRA, 2013).

O trinexapac-ethyl, composto mais utilizado em cereais, paralisa a biossíntese de Ga no citoplasma (dioxigenases), acumula Ga20 e reduz a produção de Gal que é a forma ativa (RADEMACHER, 2015). A redução do crescimento excessivo, evita o acamamento, o quebramento e o autossombreamento das plantas, além de melhorar a arquitetura foliar (PENCKOWSKI et al., 2009). Esse composto teve eficiência comprovada em algumas situações, como relatado para aveia branca por Hawerth et al. (2015) e para milho por Pricinotto (2014) em que houve redução do porte das plantas, e favorecimento da utilização de arranjos espaciais mais adensados na lavoura.

A interação entre genótipos de milho e o redutor de crescimento trinexapac-ethyl ainda foi pouco explorada pela literatura. Estima-se que as características de crescimento e o rendimento de grãos sejam alterados de forma particular em genótipo, como já foi verificado para outros cereais como azevém perene (CHASTAIN et al., 2014), cevada (AMABILE et al., 2004) e trigo (PAGLIOSA et al., 2013).

Pricinotto (2014) demonstra haver respostas distintas de híbridos de milho com arquiteturas foliares diferentes para o uso desse redutor em conjunto com densidades populacionais. Isso permite identificar a necessidade da investigação de mais genótipos, e posteriormente adequação da recomendação dessa tecnologia para a cultura do milho, assim como já estabelecida para trigo.

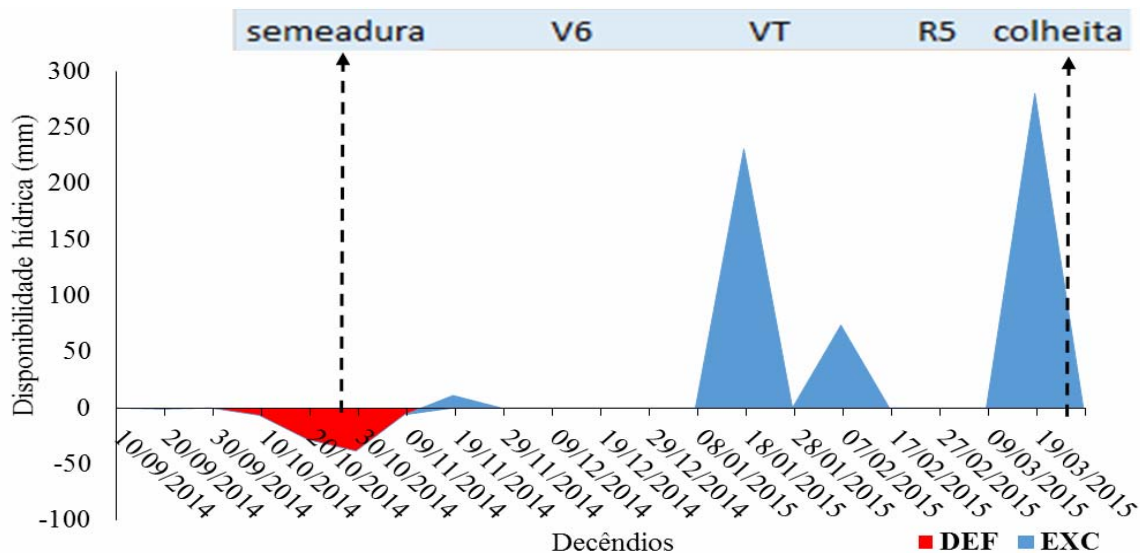
Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do trinexapac-ethyl sobre as características fitométricas, componentes de rendimento e produtividade de grãos de genótipos de milho.

#### 5.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2014/2015 na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL) (23°20'32" S e 51°12'32" W, com altitude média de 540 m). O solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho distroférico (LVd), (EMBRAPA, 2006). Os dados referentes a precipitação pluvial, temperaturas máxima e mínima do ar e radiação solar, observadas no período experimental, foram obtidos junto à estação meteorológica da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

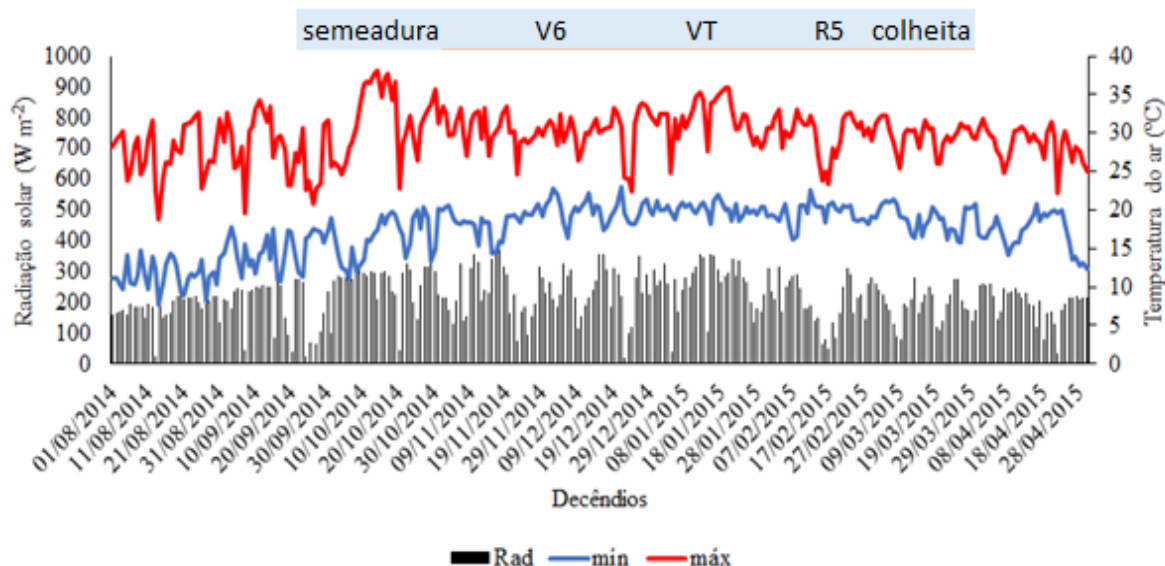
Na figura 5.1 é apresentado o balanço hídrico para o período experimental, com determinação da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith. Os valores de radiação solar e as temperaturas do ar máximas e mínimas, referentes ao mesmo período, são apresentados na figura 5.2.

**Figura 5.1** – Balanço hídrico de cultivos segundo método de Penman-Monteith, com valores de disponibilidade hídrica, déficit (DEF) e excedente (EXC) hídrico, referente ao período experimental (27/10/2014 a 23/03/2015 - demarcação em azul), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016.



Fonte: o próprio autor.

**Figura 5.2** – Radiação solar (Rad), temperaturas mínimas (mín) e máximas (máx) referentes ao período experimental (27/10/2014 a 23/03/2015 - de marcação em azul), safra de cultivo 2014/2015, Londrina-PR, 2016.



Fonte: o próprio autor.

Previamente a instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental, na camada de 0 a 20 cm, para análise química, que apresentou os seguintes dados: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,50; P = 8,55 mg dm<sup>-3</sup>; K = 1,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 5,30 cmol<sub>c</sub>

$\text{dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg} = 2,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Al} = 0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{H+Al} = 4,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{CTC} = 13,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $V = 68,01\%$ .

A adubação de base consistiu da utilização do formulado 08 28 16 na dosagem de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ . No estágio de seis folhas completamente expandidas (V6) foi realizada a adubação de cobertura com  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio (N), que teve como fonte a ureia (45% de N). A área experimental foi previamente ocupada por trigo e conduzida em sistema de preparo convencional do solo. A semeadura foi realizada em 27 de outubro de 2014 com a mesma densidade populacional para todos os híbridos ( $75.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ ).

As parcelas experimentais consistiram de seis linhas de 5 m de comprimento, espaçadas 0,45 m entre elas, perfazendo uma área total de  $13,5 \text{ m}^2$ . A área útil foi delimitada pelas quatro linhas centrais, com descarte de 0,5 m de cada extremidade, totalizando  $7,2 \text{ m}^2$ . O experimento foi realizado em delineamento de blocos completos casualizados, em esquema fatorial foi  $2 \times 7$ , com quatro repetições. Foram avaliados os seguintes fatores: regulador de crescimento trinexapac-ethyl (0 e  $250 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) e sete híbridos simples de milho, para alto nível tecnológico, com distintas características de ciclo e altura de plantas (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1** – Caracterização dos híbridos de milho do experimento. Londrina-PR, 2016.

Cultivar	Tipo de Híbrido	Ciclo	Altura de plantas (cm)	Nível Tecnológico
2B610PW	Simples	Precoce	230	Alto
2B810PW	Simples	Normal	235	Alto
P 30F53 YH	Simples	Precoce	260-280	Alto
Status Viptera	Simples	Precoce	233	Alto
P2530	Simples	Superprecoces	270-285	Alto
P 30R50YH	Simples	Precoces	260-290	Alto
Celeron TL	Simples	Superprecoces	222	Alto

Fonte: Embrapa Milho e Sorgo; Cultivares para 2013/14

O regulador de crescimento vegetal, foi aplicado via foliar com o uso de pulverizador costal pressurizado a  $\text{CO}_2$ , com pressão de 30 psi e vazão constante de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ . A aplicação foi realizada no estágio V6, para cada genótipo estudado, segundo escala proposta por Ritchie et al. (1993).

Os tratos culturais e o manejo de plantas daninhas, pragas e doenças foram

realizados de acordo com as recomendações do Sistema de Produção da Cultura do Milho (EMBRAPA, 2012). A colheita foi realizada após o estágio R5, quando já se havia superado o ponto de maturidade fisiológica dos grãos e esses apresentavam cerca de 20% de umidade, em 23 de março de 2015.

As avaliações tiveram seu início após o florescimento pleno da cultura, onde foram tomadas dez plantas ao acaso dentro da área útil das parcelas e avaliadas a altura de plantas (AP) e de inserção de espigas (AE) em centímetros, por meio da aferição da distância entre a superfície do solo e base do pendão e da espiga principal, respectivamente. As mesmas dez plantas foram utilizadas para avaliação do diâmetro de colmo (DC) em milímetros, o qual foi aferido com auxílio de paquímetro no terço mediano do segundo internódio, a partir da base da planta, no sentido do menor diâmetro.

O índice de área foliar (IAF), expresso em m<sup>2</sup> de folha por m<sup>2</sup> de superfície de solo, foi estimado com base na aferição do comprimento total (C) e largura do terço médio (L) das folhas fotossinteticamente ativas de dez plantas em cada parcela. Os dados foram submetidos à seguinte expressão, proposta por Francis (1969):  $IAF = \frac{(0,75 * C * L)}{(e1 * e2)}$ , em que e1 e e2 referem-se ao espaçamento entre plantas (em m) na linha de semeadura e entre as linhas, respectivamente.

Após o término do ciclo da cultura foram colhidas as espigas da área útil das parcelas e separadas aleatoriamente dez espigas de cada parcela para avaliação dos componentes de produção. Foram avaliadas as características de comprimento da espiga (CE) por meio da aferição do comprimento das fileiras de grãos com auxílio de trena graduada, número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF) através de simples contagem e, diâmetro de espiga (DE) no terço médio de todas as espigas, com auxílio de paquímetro, com resultados expressos em milímetros.

Posteriormente a debulha das espigas da área útil, foram aferidas a massa de mil grãos (MMG) e a produtividade de grãos (PROD). A massa de mil grãos foi determinada conforme metodologia proposta por Brasil (2009) e, a produtividade através da pesagem dos grãos produzidos na área útil, com resultados expressos em kg ha<sup>-1</sup>, ambas com massas corrigidas para 13 % de umidade.

Foi realizada análise de normalidade dos resíduos e homogeneidade entre as variâncias dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e Hartley, respectivamente, e então feita a análise de variância (ANAVA). Quando constatada significância, as médias de regulador de crescimento foram comparadas pelo teste de F e as de híbridos pelo teste de Tukey, a 5% de

probabilidade.

## 5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou efeito significativo de híbridos (H) para todas as características avaliadas, de trinexapac-ethyl (TE) para altura de plantas e não houve interação significativa entre os fatores (Tabela 5.2).

**Tabela 5.2** – Resumo da análise de variância com os quadrados médios para as características em função do uso de trinexapac-ethyl e dos híbridos de milho, na primeira safra. Londrina-PR, 2016.

	FV	GL	AP	AIE	DC	IAF	G/F	FIL	CE	DE	MMG	PROD
TE	1	735,87*	11,76 <sup>ns</sup>	2,16 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,051 <sup>ns</sup>	32,19 <sup>ns</sup>	1010328,17 <sup>ns</sup>	
H	6	33303,01*	5800,5*	18,69*	0,30*	35,01*	16,84*	1,72*	1,06*	135,54*	39824765,59*	
TE X H	6	22,87 <sup>ns</sup>	33,51 <sup>ns</sup>	4,24 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	29,66 <sup>ns</sup>	979949,59 <sup>ns</sup>	
Repetição	3	261,63*	175,04*	0,73 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	5,68 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	15,37 <sup>ns</sup>	670506,48 <sup>ns</sup>	
Erro	39	66,12	57,84	2,55	0,05	2,29	0,46	0,47	0,07	13,24	1014853,83	
CV(%)		3,71	7,28	6,43	7,19	4,26	4,2	4,14	5,84	10,84	14,72	

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade e \* significativo a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Legenda: trinexapac-ethyl (TE), híbridos de milho (H), fonte de variação (FV), grau de liberdade (GL), altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), índice de área foliar (IAF), número de grãos por fileira (G/F), número de fileiras por espiga (FIL), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD).

**Fonte:** o próprio autor.

Na tabela 5.3 são apresentados os resultados para as características de crescimento das plantas. A altura de plantas demonstrou efetividade do redutor de crescimento, com diminuição média de 7,25 cm. Essa é a principal variável analisada quando se busca a obtenção de plantas de milho mais compactas e adaptáveis ao arranjo espacial de plantas adensado.

Essa redução ocorrida se deve a ação de inibição da biossíntese de giberelina, que é o hormônio responsável pelo crescimento longitudinal do colmo, pois os reguladores de crescimento, normalmente são antagonistas às giberelinas e agem modificando o metabolismo destas (TREHARNE et al., 1995; RAJALA; PELTRONEN-SAINIO, 2001). O trinexapac-ethyl é um dos reguladores vegetais que atua interferindo na biossíntese do ácido giberélico (HECKMAN et al., 2002). Age nas plantas reduzindo a alongação dos entre nós no estágio vegetativo, interfere no final da rota metabólica da biossíntese do ácido giberélico, pela

inibição da enzima 3  $\beta$ -hidroxilase, reduzindo drasticamente o nível do ácido giberélico ativo (GA1) e, assim, aumentando seu precursor biossintético imediato GA20 (DAVIES, 1987).

Em gramíneas as giberelinas atuam no alongamento dos entrenós, agindo no meristema intercalar, o qual está localizado próximo a base do entrenó, que produz células derivadas para cima e para baixo (TAIZ; ZEIGER, 2009). No entanto, com a aplicação do redutor, não ocorre o alongamento na região dos meristemas intercalares do colmo, o que provoca o encurtamento dos entrenós e conseqüentemente a redução no porte das plantas.

Corroborando os resultados obtidos, Pricinotto et al. (2015) e Fagherazzi (2015) constataram redução na altura das plantas de milho com a utilização de TE. Os autores comentam ainda da possibilidade de utilização de arranjos de plantas adensados para a cultura com a redução de porte proporcionada pelo composto. A atuação do trinexapac-ethyl na fisiologia da planta, altera características da arquitetura e porte, facilita tratos culturais, reduz a propensão ao acamamento, propicia aumento de densidade, e redução de espaçamentos, além de aumentar a eficiência do uso de recursos como água e radiação solar e assim, aumentar a produtividade (ZAGONEL; FERREIRA, 2013, ZHANG et al., 2014).

Na comparação entre os genótipos (tabela 5.3), observa-se maior altura para os híbridos 2B610PW e 2B810PW e menor para os híbridos celeron e P2530. Essa resposta se deve as características genéticas diferenciadas de cada material que ao interagir com o ambiente em questão expressaram maior ou menor desenvolvimento vegetativo.

A precocidade do híbrido também se mostra relevante na determinação do porte da planta, já que a precocidade também está relacionada ao número de folhas, ou seja materiais mais precoces apresentam menor número de folhas e, conseqüentemente de nós no colmo, resultando em plantas de menor porte.

As menores alturas foram observadas nos híbridos superprecoces, ou seja, com menor exigência térmica para atingir o florescimento. Possivelmente a condição de estresse hídrico ocorrida nos primeiros decêndios do ciclo, associada a altas temperaturas do mesmo período tiveram direta influência no desempenho de crescimento das cultivares (Figura 5.1). Essa resposta pode ser extrapolada para todos os materiais genéticos de milho, já que essa condição ambiental supramencionada acelera a soma térmica das plantas, e encurta o período entre a emergência e o florescimento, o que limita o crescimento vegetativo.

Vieira et al (2009) também constataram diferenças entre genótipos no que se refere à altura de plantas, com maior efeito do material genético do que do ambiente. Já Nascimento et al (2011) não verificaram diferenciação entre as cultivares de mesmo ciclo para o porte de plantas, porém constataam diferenciação para as épocas de semeadura, evidenciando

que por vezes o ambiente de cultivo é o fator preponderante na determinação dessa característica.

Essa informação é sustentada pelos resultados obtidos por Pricinotto (2014), que ao trabalhar com dois híbridos e diferentes densidades de plantas observaram efeito de redução do crescimento pelo trinexapac-ethyl e favorecimento do rendimento de grãos com a associação do aumento da densidade de plantas e o uso desse regulador de crescimento, sob espaçamento reduzido entre fileiras.

Para altura de inserção de espiga (tabela 5.3) foi constatado apenas efeito de híbridos, com maior valor para o híbrido 2B610PW, e menores para os híbridos P2530 e Celeron, que anteriormente também haviam apresentado menor porte. Essa resposta se relaciona com o que foi supramencionado para a altura de plantas e confirma que os híbridos mais precoces exibem menor crescimento quando submetidos a condições que acelerem a soma térmica. A diferenciação entre genótipos para altura de inserção da espiga é corroborada por Marcondes et al (2015) que constatou grande amplitude de respostas ao testar 276 materiais.

**Tabela 5.3** – Características fitométricas sob influência de trinexapac-ethyl e híbridos de milho na safra, na primeira safra. Londrina PR, 2016.

	altura de plantas (cm)	altura de inserção de espiga (cm)	diâmetro de colmo (mm)	índice de área foliar (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
<b>trinexapac-ethyl</b>				
com	215,39 b	104,04 a	24,64 a	3,13 a
sem	222,64 a	104,96 a	25,04 a	3,22 a
<b>híbridos de milho</b>				
2B610PW	252,62 a	149,87 a	23,75 b	3,17 ab
2B810PW	241,00 a	122,25 b	23,38 b	3,38 a
30F53YH	213,12 b	106,37 c	25,25 ab	3,19 ab
Status	210,87 b	100,87 c	23,38 b	2,94 b
P2530	195,25 c	71,62 d	24,88 b	3,13 ab
30R50YH	214,62 b	105,66 c	25,63 ab	3,46 a
Celeron	205,62 bc	74,87 d	27,62 a	2,97 b

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelos teste F para trinexapac-ethyl e Tukey para híbridos de milho (P<0,05).

**Fonte:** o próprio autor.

Não houve resposta de TE para a altura de inserção de espiga, isso devido ao maior efeito do composto nos entrenós acima da espiga, ou seja, a modificação de altura é referente a redução de crescimento da parte superior do dossel das plantas, o que não ajudaria

em uma situação de propensão ao acamamento das plantas, já que a espiga é o órgão de maior massa e portanto responsável pelo tombamento das plantas. Além da alteração de porte pela ação do regulador principalmente nos nós acima da espiga, pode ter ocorrido também uma ação do regulador sobre as folhas acima da espiga, melhorando sua arquitetura. Essa parte do dossel é a mais importante em termos fotossintéticos para produção de massa seca nos grãos.

Ausência de resposta do TE para a altura de inserção de espiga também foi encontrada por Zagonel e Ferreira (2013) para aplicações em quatro estádios fenológicos do milho e doses de até 562 g i.a. ha<sup>-1</sup>, corroborando os resultados desse estudo. Ressalta-se no entanto que a dose utilizada no presente estudo foi inferior e isso pode ter interferido de forma significativa para que não houvesse efeito do regulador de crescimento.

O diâmetro de colmo (tabela 5.3), não foi afetado pelo TE, o que não era esperado, já que com a redução de porte observada as plantas tiveram seus entrenós encurtados, o que refletiria em incremento no diâmetro, como relatado por Zagonel et al. (2002) que verificou aumento do diâmetro de colmo do trigo quando submetido ao uso do trinexapac-ethyl, como relatado também por Pricinotto et al. (2015) que observou o mesmo comportamento para milho quando submetido a doses crescentes de trinexapac-ethyl.

Na comparação entre genótipos o híbrido celeron apresentou o maior valor de diâmetro de colmo e, superou os demais híbridos (status, 2B610PW, 2B810PW e P2530), com exceção de 30R50YH e 30F53YH que não diferiram. Diferente da resposta obtida por Araujo et al (2013), em que o fator mais influente no porte das plantas foi o genótipo, porém não houve diferenciação para diâmetro do colmo.

Com relação ao IAF (tabela 5.3), não houve efeito significativo constatado de TE, com redução numérica apenas, o que não era esperado já que o composto inibe a biossíntese de giberelina, e consequentemente prejudica a expansão foliar como foi observado por Pricinotto et al. (2015). Embora seja importante reafirmar que a dose utilizada não foi alta, o que pode ter sido uma das causas da ausência de efeito do composto. Barret (1992) também cita que estes inibidores além de reduzir os internódios, proporcionam redução no tamanho das folhas, as quais ficam mais verdes e fortes.

Observa-se também que os híbridos apresentaram desempenhos distintos, com superioridade para 30R50YH e 2B810PW, que não diferiram porém de P2530, 30F53YH e 2B610PW. Os menores IAF foram obtidos para os híbridos status e celeron. Essas diferenças se devem basicamente às características de ciclo dos híbridos, assim como ao número de folhas e tamanho destas que são determinantes do resultado singular dos genótipos. No que diz respeito ao IAF, ou a área foliar das plantas, verifica-se no trabalho

realizado por Sangoi et al (2010a) diferença entre híbridos de milho também de ciclos diferentes.

Foi demonstrada pelas características morfológicas altura, altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo e índice de área foliar (tabela 5.3) diversidade de resposta entre os genótipos e, esse resultado é esperado e bastante consistente, já que permite avaliar uma gama de materiais discrepantes em crescimento, o que favorece a obtenção de resposta mais robusta para a investigação de efeitos do redutor de crescimento e permite avanço para uma possível recomendação dessa tecnologia para a cultura do milho futuramente.

Hanashiro et al (2013) ao trabalhar com 45 genótipos de milho, corrobora com os presentes resultados, pois constataram ampla diversidade genética entre os genótipos testados, e essas diferenças se estenderam desde o porte das plantas, a altura de inserção da espiga, diâmetro de colmo e área foliar. Isso evidencia que o desempenho singular dos híbridos ocorre em resposta ao germoplasma, ou seja, características relacionadas a precocidade e morfologia das plantas que forneceram o material genético.

Para os parâmetros mensurados nas espigas (tabela 5.4), novamente não foi constatado efeito do TE na dose utilizada. O que diverge do encontrado por Pricinotto (2014), que ao trabalhar com doses do composto (0, 100, 200, 300 e 400 g i.a. ha<sup>-1</sup>), verificou aumento no comprimento das espigas e no número de grãos por fileira, porém obteve redução da massa de grãos.

Porém é condizente com o que foi verificado por Zagonel e Ferreira (2013) que ao trabalhar com épocas de aplicação de trinexapac-ethyl também não tiveram modificações significativas nas características de espigas de dois híbridos de milho.

Porém houve diferenciação entre híbridos para todas as características avaliadas. Para o número de fileiras por espiga destaca-se o híbrido 2B810PW, que superou todos os demais. Em relação ao número de grãos por fileira houve maior igualdade entre os genótipos, exceto para os híbridos celeron e status que tiveram o pior resultado.

O comprimento de espiga (tabela 5.4) também foi bastante semelhante entre os genótipos, não havendo diferença significativa entre seis deles, com exceção mais uma vez do híbrido status que teve o menor comprimento de espiga. Já em relação ao diâmetro de espiga verificou-se maiores valores para 2B610PW e 30F53YH e, menores para P2530.

Diversidade de resposta quanto aos parâmetros aferidos nas espigas também foi encontrada entre 45 híbridos, que foram separados em pelo menos três grupos em cada característica referente ao desempenho da espiga (HANASHIRO et al. 2013)

**Tabela 5.4** – Características das espigas de milho sob influência de trinexapac-ethyl e

híbridos de milho, na primeira safra. Londrina PR, 2016.

	fileiras por espiga (nº)	grãos por fileira (nº)	comprimento de espiga (cm)	diâmetro de espiga (mm)
<b>trinexapac-ethyl</b>				
com	16,12 a	35,48 a	16,85 a	47,25 a
sem	16,20 a	35,62 a	16,60 a	47,86 a
<b>híbridos de milho</b>				
2B610PW	17,25 b	37,75 a	16,75 ab	50,00 a
2B810PW	18,54 a	35,72 a	16,37 ab	45,66 b
30F53YH	16,00 cd	35,62 a	16,87 ab	50,00 a
Status	16,50 bc	32,97 b	15,87 b	49,71 ab
P2530	14,09 e	37,94 a	17,25 a	40,00 c
30R50YH	15,12 de	36,15 a	17,00 a	48,75 ab
Celeron	15,62 cd	32,62 b	17,00 a	48,75 ab

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelos teste F para trinexapac-ethyl e Tukey para híbridos de milho ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** o próprio autor.

Na tabela 5.5 são apresentadas a massa de mil grãos e a produtividade, que seguiram o comportamento relatado para as características anteriores, com influência apenas dos híbridos.

O maior valor de massa de grãos foi observado para o híbrido celeron, o mesmo que havia apresentado reduzido número de fileiras e de grãos por fileira, além de menor crescimento, que se deve a sua precocidade. Fica evidenciado, portanto, relação inversa desses parâmetros, ou seja, menor número de grãos resulta em grãos mais pesados. O inverso é verdadeiro nesse caso, destaca-se portanto o pior resultado para massa de grãos do híbrido 2B810 que havia apresentado o maior número de fileiras e elevado número de grãos por fileira.

Essa relação entre número e massa de grãos também foi evidenciada por Silva et al. (2014), que ao trabalhar com dois híbridos em diferentes condições de arranjo de plantas, verificou superioridade na massa de grãos para AS1540, e inferioridade nos parâmetros da espiga para esse mesmo híbrido.

**Tabela 5.5** – Massa de mil grãos e produtividade de grãos sob influência de trinexapac-ethyl

e híbridos de milho, na primeira safra. Londrina PR, 2016.

	massa de mil grãos (g)	produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>trinexapac-ethyl</b>		
com	327,90 a	6709,73 a
sem	343,10 a	6978,37 a
<b>híbridos de milho</b>		
2B610PW	327,50 b	10393,25 a
2B810PW	251,10 c	9047,12 a
30F53YH	355,30 ab	6586,49 b
Status	343,40 ab	7141,64 b
P2530	340,80 ab	4222,96 c
30R50YH	346,30 ab	4831,27 c
Celeron	384,30 a	5685,64 bc

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelos teste F para trinexapac-ethyl e Tukey para híbridos de milho ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** o próprio autor.

Não foi constatado efeito significativo do trinexapac-ethyl na massa e na produtividade de grãos dos genótipos avaliados (tabela 5.5). Portanto, o uso do redutor de crescimento teve efetividade na redução de porte das plantas, sem afetar o desempenho produtivo em todos os genótipos. Assim, em condições de arranjo espacial adensado esse composto pode favorecer a estabilidade de produção por planta e incrementar o resultado por área. Essa pressuposição é corroborada por Pricinotto et al. (2015).

Essa resposta está relacionada com o genótipo utilizado, já que materiais modernos apresentam menor porte, precocidade e maior eficiência na utilização de água, luz, calor e nutrientes e são favorecidos nas condições de clima temperado, ou seja, a região de cultivo também terá direta influência no desempenho produtivo da cultura (NASCIMENTO et al., 2011).

Ainda para o rendimento de grãos, destaca-se o desempenho dos híbridos 2B610PW e 2B810PW que superaram todos os demais. O 2B610PW foi ainda numericamente 13% superior ao 2B810PW. A média produtiva desses dois genótipos foi cerca de 27, 32, 42, 50 e 57% superior a dos híbridos status, 30F53YH, celeron, 30R50YH e P2530 respectivamente.

O ciclo dos genótipos foi um fator determinante para as diferenças de rendimento observadas, devido a semeadura ter sido realizada em época considerada ideal - 27 de outubro (IAPAR, 2015), onde as condições ambientais (Figuras 5.1 e 5.2) favorecem os

genótipos de menor precocidade (2B610PW e 2B810PW), já que são menos afetados pela maior velocidade de soma térmica. Aliado a isso, a padronização da densidade de plantas também possui influência significativa no desempenho produtivo, pois em híbridos de menor ciclo, cujas plantas são menos produtivas individualmente, é preciso utilizar mais plantas por área para a máxima produtividade por área.

Conforme Sangoi et al. (2010b), genótipos muito precoces semeados tardiamente têm seu sub-período emergência-pendoamento reduzido, com menor número e área foliar, por consequência a isso a produtividade também é reduzida. Isso pode ser constatado, visto que o híbrido P2530 classificado como superprecoce foi o menos produtivo nas condições do estudo. Os genótipos disponíveis no mercado, na sua grande maioria cultivares híbridas, principalmente pensando em produtores com maior nível de tecnificação, possuem como principais características a precocidade, a reduzida estatura das plantas, a menor área foliar, a maior tolerância à doenças, a maior índice de colheita e a maior responsividade à adubação (SANGOI et al. 2006; SANGOI 2012; OLIVEIRA et al. 2013; COSTA et al. 2015).

Hanashiro et al. (2013) também observaram variações de produtividade de grãos entre genótipos de milho, e concluíram ainda que os maiores rendimentos foram obtidos pelos híbridos simples, todos com característica de maior precocidade, e semeados no início da estação de crescimento, ou “semeadura do cedo”. Os híbridos mais produtivos desse estudo foram, P3862 (14419 kg ha<sup>-1</sup>), 30A37 (13917 kg ha<sup>-1</sup>), AG7088 (13884 kg ha<sup>-1</sup>) e DKB399 (13356 kg ha<sup>-1</sup>) que apresentaram média superior a média nacional (5000 kg ha<sup>-1</sup>) e paranaense (8500 kg ha<sup>-1</sup>) e a menor produtividade foi obtida pelos híbridos ATL200 (5873 kg ha<sup>-1</sup>) e AL34 (5926 kg ha<sup>-1</sup>).

Interação entre os híbridos testados e o redutor de crescimento não foi identificada no presente estudo, porém cabe ressaltar que o trinexapac-ethyl foi efetivo em reduzir o porte das plantas de todos os genótipos. A futura recomendação dessa tecnologia para a diminuição de crescimento vegetativo no milho se torna viável se associado a isso, houver a utilização de manejo adensado na lavoura, principalmente com maior densidade de plantas. A produção por plantas não sendo alterada, como confirmado neste estudo, poderá fundamentar o incremento no rendimento de grãos por área com a possibilidade de aumento do número de plantas por área.

Ressalta-se no entanto que para o presente experimento não houve alteração da produtividade de grãos pelo trinexapac-ethyl, bem com interação com os genótipos, na dose de 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>, e que mais um ano agrícola será conduzido na safra 2015/16 para

sustentação dos resultados obtidos.

Entretanto, os resultados atuais, mesmo que promissores são ainda preliminares. São necessários portanto, estudos em mais ambientes de cultivo contrastantes quanto as condições edafoclimáticas e, que maior amplitude de genótipos sejam testados, visando maior robustez nas informações dessa investigação, o que permitirá futuramente a adequação do uso de reguladores de crescimento na cultura do milho sob arranjo espacial adensado. As interações com o manejo também são essenciais para a consolidação dessa prática, principalmente no que se refere a densidade de plantas e adubação nitrogenada, considerando as especificidades de cada genótipo e ambiente de cultivo.

## 5.6 CONCLUSÕES

Não há interação entre o trinexapac-ethyl e os híbridos utilizados, mesmo com morfologia e potencial agrônômico diferenciados entre eles.

O trinexapac-ethyl é eficiente na redução de altura das plantas de todos os genótipos, sem alterar os componentes de produção e o rendimento de grãos.

A produção de plantas compactas pelo redutor evita os prejuízos do crescimento excessivo e facilita o emprego do arranjo de plantas adensado, com incremento na produção de grãos por área.

Os híbridos apresentam características de crescimento vegetativo, componentes de rendimento e produtividade de grãos distintos, com destaque para os genótipos com precocidade normal que refletem sua superioridade de crescimento em desempenho produtivo.

## 5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. V. D. CARVALHO, I. D. E. D.; FERREIRA, P. V.; SANTOS, P. R. D.; SOUZA, E. G. F.; SOUSA, T. P. D. Desempenho agrônomo de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 44, p. 885-892, 2013.

COSTA, K. D. D. S.; CARVALHO, I. D. E. D.; FERREIRA, P. V.; SANTOS, P. R. D.; SOUZA, E. G. F. AND SOUSA, T. P. D. Avaliação de genótipos de milho em diferentes densidades populacionais. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 27-36, 2015.

CRUZ, J. C.; GARCIA, J. C.; PEREIRA FILHO, J. A.; PINTO, L. B. B.; QUEIROZ, L. R. **Caracterização dos sistemas de produção de milho para altas produtividades**. Sete Lagoas, MG, Dezembro de 2009. 15p.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivares de milho disponíveis no mercado brasileiro de sementes na safra 2007/08**. Disponível em: <[www.apps.agr.br](http://www.apps.agr.br)> Acesso em: 7 out. 2015.

DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: ----- **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Netherlands: Kluwer Academic, 1987, p.1-23.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção: Cultura do milho**. 8ed. Versão eletrônica, out. 2012. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_7ed/autos.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7ed/autos.htm)>. Acesso em: 02 de julho de 2015.

FAGHERAZZI, M. M. **Respostas morfo-agronômicas do milho a aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes estádios fenológicos e doses de nitrogênio**. 2015. 93p. (Mestrado). Centro de ciências agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC.

FOLONI, J. S. S., CALONEGO, J. C., CATUCHI, T. A., BELLEGGIA, N. A., TIRITAN, C. S.; BARBOSA, A. D. M. Cultivares de milho em diferentes populações de plantas com espaçamento reduzido na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v. 13, n. 3, p. 312-325, 2015.

FRANCIS, C.A. RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E.A. Rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays*). **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 537-539, 1969.

HANASHIRO, R. K.; MINGOTTE, F. L. C.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho fenológico, morfológico e agrônomo de cultivares de milho em Jaboticabal-SP. **Científica**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, p. 226-234, 2013.

HAWERROTH, M. C.; DA SILVA, J. A. G.; SOUZA, C. A.; DE OLIVEIRA, A. C.; DE SOUZA LUCHE, H.; ZIMMER, C. M.; HAWERROTH, F. J.; SCHIAVO, J.; SPONCHIADO, J. C. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 115-

125, 2015.

HECKMAN, N. L.; ELTHON, T. E.; HORST, G. L. e GAUSSOIN, R. E. Influence of trinexapac-ethyl on respiration of isolated wheat mitochondria. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 2, p. 423-427, 2002.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Zoneamento agrícola**: Londrina-PR 2015. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1043>. Acesso em 02 de janeiro de 2016.

KAPPES, C., ANDRADE, J. A. D. C., ARF, O., OLIVEIRA, Â. C. D., ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, p. 348-359, 2011.

LANA, M. D. C.; RAMPIM, L.; OHLAND, T.; FÁVERO, F. Spacing, population density and nitrogen fertilization in corn grown in an Oxisoil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 3, p. 424-433, 2014.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M. e GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MARCONDES, M. M.; FARIA, M. V.; MENDES, M. C.; OLIVEIRA, B. R.; SANTOS, J. F.; MATCHULA, P. H.; WALTER, A. L. B. Desempenho agrônômico de linhagens S4 de milho em cruzamentos top crosses. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 145-154, 2015.

NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; RODRIGUES, J. G. L.; FURTADO, M. B.; CAMPOS, S. Produtividade de genótipos de milho em resposta à época de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, s/n, p. 193-201, 2011.

OLIVEIRA, L. R.; MIRANDA, G. V., DE LIMA, R. O., FRITSCHÉ-NETO, R. AND GALVÃO, J. C. C. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista ciência agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 614-621, 2013.

PAGLIOSA, E. BENIN, G.; BIEZUS, E.; BECHE, E.; SILVA, C. L.; MARCHESE, J. A.; MARTIN, T. N. Trinexapac-ethyl and nitrogen fertilization rates in wheat crop. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 623-630, 2013.

PRICINOTTO, L. F. **Densidades populacionais e regulador de crescimento em híbridos de milho com diferentes arquiteturas**. 2014. 109 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C.; FONSECA, I. C. B.; OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, A. S.; SPOLAOR, L. T. Trinexapac-ethyl in the vegetative and reproductive performance of corn. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 14, p. 1735-1742, 2015.

RADEMASCHER, W. Plant growth regulators: Backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulators**, v. 34, p. 845-872, 2015.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 5, n. 93, p. 936-943, 2001.

RITCHIE, S. W. HANWAY, J. J.; BENSON, G. O.; HERMAN, J. C. **How a corn plant develops**: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service 1993.

SANGOI, L.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C., Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 3, p. 259-267. 2002.

SANGOI, L. et al. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages: Editora Graphel, 2007. 95p.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; ZANIN, C. G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 263-271, 2010a.

SANGOI, L., SILVA, P. R. F., ARGENTA, G., RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages - SC: Graphel, 87p., 2010b.

SILVA, A. F. D.; SCHONINGER, E. L.; CAIONE, G.; KUFFEL, C.; CARVALHO, M. A. C. D. Produtividade de híbridos de milho em função do espaçamento e da população de plantas em sistema de plantio convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 13, n. 2, p. 162-173, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4a ed. Editora Artmed. 2009. 820p.

TREHARNE, K. J.; CHILD, R. D.; ANDERSON, H. e HOAD, G. V. Growth regulation of arable crops. **Plant growth substances**, Berlin: Springer-Verlag, p.343-374, 1995.

VIEIRA, R. A.; RODOVALHO, M. D. A.; SCAPIM, C. A.; TESSMANN, D. J.; AMARAL JÚNIOR, A. T. D.; BIGNOTTO, L. S. Desempenho agrônômico de novos híbridos de milho-pipoca no noroeste do Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, s/n, p. 29-36, 2009.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P. Efeito de regulador de crescimento na cultura de trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. **Planta Daninha**, v. 20, p. 471-476, 2002.

ZAGONEL, J.; FERREIRA, C. Rates and times of growth regulator application on corn hybrids: **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, p. 395-402, 2013.

## 6 CONCLUSÕES GERAIS

A fator ambiental determina características de crescimento e de produção, com direta influência na efetividade do redutor de crescimento para milho, sendo a época de semeadura e o local de cultivo determinantes nesse desempenho.

O aumento nas doses do trinexapac-ethyl pode provocar alterações no crescimento das plantas de milho e refletir em alterações de produtividade da cultura, no entanto, a resposta é interligada com a condição ambiental do local de cultivo.

A utilização de trinexapac-ethyl e clomazine favorecem a produtividade de grãos do milho nas condições testadas. O trinexapac-ethyl é mais efetivo em reduzir o porte das plantas de milho.

Não há interação entre o trinexapac-ethyl e os híbridos utilizados, mesmo com morfologia e potencial agrônômico diferenciados entre eles. O trinexapac-ethyl é eficiente na redução de altura das plantas de todos os genótipos, sem alterar os componentes de produção e o rendimento de grãos.

A produção de plantas compactas pelo redutor evita os prejuízos do crescimento excessivo e facilita o emprego do arranjo de plantas adensado, com incremento na produção de grãos por área.

Os híbridos apresentam características de crescimento vegetativo, componentes de rendimento e produtividade de grãos distintos, com destaque para os genótipos com precocidade normal que refletem sua superioridade de crescimento em desempenho produtivo.