

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE
PRECISÃO**

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE POPULACIONAL NA
FENOLOGIA E NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA
DO MILHO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

JUAN PAULO PADILHA DE OLIVEIRA

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE POPULACIONAL NA
FENOLOGIA E NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO
MILHO**

Juan Paulo Padilha de Oliveira

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Sítio
específico: solo e planta, como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Agricultura de Precisão

Orientador: Prof. Dr^a. Catize Brandelero

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

**Universidade Federal de Santa Maria
Colégio Politécnico da UFSM
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão**

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

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE POPULACIONAL NA FENOLOGIA E
NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO**

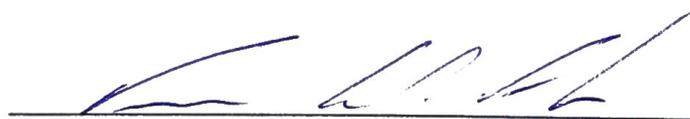
elaborada por
Juan Paulo Padilha de Oliveira

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão

COMISSÃO EXAMINADORA:



Catize Brandelero, Dr^a.
(Presidente/Orientador)



Fabiano de Oliveira Fortes, Dr. (UFSM)



Elódio Sebem, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 08 de setembro de 2014.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela graça da vida e pela sabedoria que a mim concedeu e pelo cuidado que Ele tem com a minha vida.

Aos meus pais, Paulo G. Martins de Oliveira e Sirlei T. Padilha de Oliveira por todo amor dedicados a mim.

Aos meus familiares, por serem tão compreensivos, além da paciência, carinho e auxílio na minha caminhada.

Aos proprietários e funcionários da empresa Analys Agricultura de Precisão, em especial Emílio Schmitt, pelos ensinamentos indispensáveis a minha formação pessoal e profissional.

Aos amigos Felipe Bonfante e Marcelo Schmitt, que ajudaram para a realização do experimento a campo.

Ao Programa de Pós-graduação em Agricultura de Precisão, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À orientadora Prof^a. Dr^a. Catize Brandelero pelo auxílio na concretização da dissertação.

A todos que colaboraram de maneira direta ou indireta na elaboração deste trabalho.

“Além da mente humana e como um impulso livre, cria-se a ciência. Esta se renova, assim como as gerações, frente a uma atividade que constitui o melhor jogo do *hom ludens*: a ciência é no mais estrito e melhor dos sentidos, uma gloriosa diversão”.

Jacques Barzun.

RESUMO

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

INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO

Autor: Juan Paulo Padilha de Oliveira
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Catize Brandelero

O levantamento de campo foi conduzido em Palmeira das Missões, com o objetivo de avaliar o efeito da população de plantas na produtividade da cultura do milho (*Zea mays*) sob diferentes populações (70.000, 85.000, 95.000, 100.000, 105.000, 111.000, 120.000 e 151.000 plantas/ ha), sob duas zonas de manejo (relevo plano e declivoso), no qual cada uma dessas foi formada por 8 repetições. Entre relevos diferentes, o incremento na densidade populacional de milho mostrou diferença significativa no diâmetro de colmo, entretanto, dentro de uma mesma zona de manejo houve diferença significativa nos objetivos específicos, com exceção do diâmetro de colmo. Desta forma também, a produtividade do milho foi diretamente influenciada pela população de plantas e sua variação pode ser uma opção, em especial a produtores que possuam topografias diferentes dentro de uma mesma área. Isso permite concluir que dentro de uma mesma área, é possível aumentar o rendimento de grãos com a variação da população de plantas.

Palavras-chave: milho, população de plantas, produtividade.

ABSTRACT

Master's degree dissertation
Master Course in Precision Agriculture
Federal University of Santa Maria

INFLUENCE OF POPULATIONS VARIATION IN PLANT PRODUCTIVITY OF MAIZE

Author: Juan Paulo Padilha de Oliveira
Advisor: Prof^a. Dr^a. Catize Brandelero

The field survey was conducted in Palmeira das Missões, with the objective of evaluating the effect of plant population on yield of maize (*Zea mays*) under different populations (70,000, 85,000, 95,000, 100,000, 105,000, 111,000, 120,000 and 151,000 plants/ha), in two handling areas, a plane sloping terrain and the other relief, on each of these consisted 8 replicates. Between different reliefs, the increase in population density of maize showed significant difference in stem diameter, however, within the same zone management was no significant difference in specific objectives, with the exception of stem diameter. Thus grain yield was directly influenced by plant population and its variation can be an excellent option, especially for producers with different topographies within the same area. This indicates that within the same area, it is possible to increase the yield with the variation in plant population.

Keywords: corn, plant population, productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura de uma planta de milho (Fancelli, 1986).....	12
Figura 2 - Morfologia da parte subterrânea e basal da planta de milho (GASSEN, 2006).....	13
Figura 3 - Fatores que influenciam a produtividade agrícola (DURÃES et al. 2005).....	14
Figura 4 - Produção por unidade de planta (g planta ⁻¹) e por unidade de área (Kg ha ⁻¹) em função da população de plantas (plantas ha ⁻¹) (DOURADONETO; FANCELLI; LOPES, 2001).....	18
Figura 5 - Fluxograma a respeito da influência do espaçamento entre linhas do milho, em relação a concorrência de plantas daninhas e rendimento de grãos.....	21
Figura 6 - Evolução da produção brasileira de milho de 1997 a 2013.....	22
Figura 7 - Fatores que afetam o potencial produtivo da cultura.....	24
Figura 8 - Croqui do experimento (Autor 2013).....	27
Figura 9 - Vista do experimento: parcelas e germinação do milho (Autor 2013).....	28
Figura 10 - Ilustração das repetições e dos conjuntos de plantas que formam cada repetição (Autor 2013).....	30
Figura 11 - Ilustração da medição de altura de planta, altura da inserção da 1° espiga e diâmetro de colmo.....	31
Figura 12 - Relação entre altura de planta (m) e tratamentos.....	35
Figura 13 - Relação entre altura de inserção da 1° espiga (m) e tratamentos.....	37
Figura 14 - Relação entre comprimento de espiga (m) e tratamentos.....	39
Figura 15 - Relação entre diâmetro de espiga (m) e tratamentos.....	41
Figura 16 - Relação entre diâmetro de colmo (m) e tratamentos.....	43
Figura 17 - Relação entre produtividade (sc/ha) e tratamentos.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fenologia da cultura do milho (adaptado de Fancelli, 1986).....	16
Tabela 2 - Resultado de análise de solos, experimento de diferentes tipos de população de milho, no município de Palmeira das Missões, RS.....	26
Tabela 3 - Altura média de plantas (m) de milho referente aos diferentes tratamentos.....	34
Tabela 4 - Estatura média de inserção da 1° espiga (m) de milho referente aos diferentes tratamentos.....	36
Tabela 5 - Comprimento médio de espiga (m) referente aos diferentes tratamentos.....	38
Tabela 6 - Diâmetro (m) da espiga do milho referente aos diferentes tratamentos.....	40
Tabela 7 - Valores médios de diâmetro de colmo para as diferentes tratamentos.....	42
Tabela 8 - Valores médios da produtividade para os diferentes tratamentos.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valor da estatística F no quadro da ANOVA para altura de plantas (m), diâmetro de colo (cm), inserção da 1 ^o espiga (cm), comprimento da espiga (cm) e diâmetro de espiga (cm).....	33
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	12
2.1 Características morfológicas e botânicas	12
2.2 O milho como cultura	13
2.3 Fenologia do milho	15
2.4 Temperatura.....	16
2.5 Sensibilidade hídrica na cultura do milho	18
2.6 Densidade de plantas na cultura do milho	19
2.7 Características para obtenção de altas produtividades	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Local do Experimento	25
3.2 Caracterização física e química do solo	25
3.3 Implantação do experimento de campo	26
3.3.1 Semeadura e adubação	27
3.3.2 Tratos culturais.....	29
3.4 Avaliações	29
3.5 Análise estatística.....	31
3.5.1 Análise de variância e teste de Tukey	31
3.5.2 Análise de correlação entre os componentes de produção	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Altura de plantas	34
4.2 Inserção da 1° espiga	35
4.3 Comprimento de espiga	37
4.4 Diâmetro de espiga	39
4.5 Diâmetro de colmo.....	41
4.6 Produtividade em grãos	43
5 CONCLUSÕES	46
6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	53

1 INTRODUÇÃO

O setor agrícola é um dos pilares da economia nacional, mostra importantes avanços tanto em qualidade como em quantidade, e vem se mantendo como o setor de competência na geração de emprego e renda. O desempenho do agronegócio, tem-se mostrado acima do setor industrial, ocupando, desta forma, uma posição de extrema importância no processo de evolução econômica, devido a ser um setor ativo da economia e com grande capacidade de alavancar os demais setores, tendo o milho grande participação no sucesso do agronegócio brasileiro.

O cereal de mais alto volume de produção do planeta é o milho, com cerca de 960 milhões de toneladas, sendo que, dos 4 principais produtores mundiais, 3 deles estão na América: Estados Unidos, Argentina e Brasil (FAO, 2012). Com o desafio de fornecer alimento ao mundo, hoje, com uma população de 7 bilhões de pessoas e, que em meados 2050, serão mais de 9 bilhões, o milho terá sua importância ainda maior dentro desta estratégia. Tendo em vista que, a necessidade por alimentos crescerá próximo há 20% em 10 anos e, o Brasil terá que responder por 40% desta fatia (CONAB, 2012).

Dentro deste panorama, a produção do milho no país, com uma área cultivada julgada próxima de 15,5 milhões de hectares e volume por volta de 80 milhões de toneladas, é sem dúvida uma nação estratégica, pois, é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial do grão. Estratégia essa, que levará em conta não apenas o crescimento populacional, mas também a carência de áreas agrícolas, os riscos inseparáveis ao trabalho como os fenômenos climáticos e, conseqüentemente, o uso de equipamentos agrícolas de precisão e de métodos de manejo que possibilitem ter um maior rendimento por área, ou seja, elevar a produtividade (Peixoto, 2014). Sendo assim, deve-se raciocinar a respeito de tecnologia embarcada e ciência aplicada.

O grande dilema será fazer com que as tecnologias de alta eficiência sejam usadas em larga escala na agricultura, com métodos eficientes, para que assim obtenham os números ambicionados e se conservem pelo maior tempo possível. Isso porque, em muitos casos, obtêm-se números expressivos em trabalhos e experimentos de empresas privadas, como também em fundações de pesquisa, mas

ao serem levados a campo, não correspondem em produtividade, ou os mesmos, não alcançam os índices obtidos pela pesquisa, colocando assim, em questionamento os motivos destes resultados ou até mesmo da própria tecnologia.

Neste conjunto, depara-se o objetivo geral deste trabalho, que é analisar a influência das variáveis de populações de plantas na produtividade, baseado na variação de distribuição de sementes tanto em uma área plana, como declivosa. E tendo em vista, que existem também outras peculiaridades que influenciam no resultado final da lavoura, analisou-se outros fatores:

- Altura de planta;
- Altura de inserção da primeira espiga;
- Comprimento da espiga;
- Diâmetro da espiga;
- Diâmetro de colmo

O objetivo, é buscar atingir níveis de excelência na distribuição da população de plantas, agregando maior eficiência ao processo produtivo e aumento de rendimento de acordo com a capacidade ideal de população nas zonas de manejo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão irá pontuar os principais temas que embasaram esta dissertação, procurando elucidar, as características do cereal, bem como as particularidades que levaram o milho a ser umas das principais culturas do agronegócio mundial.

2.1 Características morfológicas e botânicas

De acordo com Fancelli e Dourado-Neto (2000), o milho (Figura 1) inclui-se na divisão Magnoliophyta, ordem Poales, família das Poaceae (antiga família das gramíneas). É uma espécie anual, com um só caule, robusta, estival, monocotiledônea cespitosa, ereta, com baixo afilamento, e que apresenta de 12 a 20 folhas, classificada no grupo das plantas C-4, com ampla adaptação a diferentes condições de ambiente. O grão do milho é um fruto, chamado cariopse, onde o pericarpo está unido com o tegumento da semente assim dito. As espiguetas masculinas são agrupadas em espigas verticiladas terminais. As espiguetas femininas se fundem em um mesmo eixo, no qual várias ráquis estão juntas (sabugo) resguardadas pela espiga de milho.

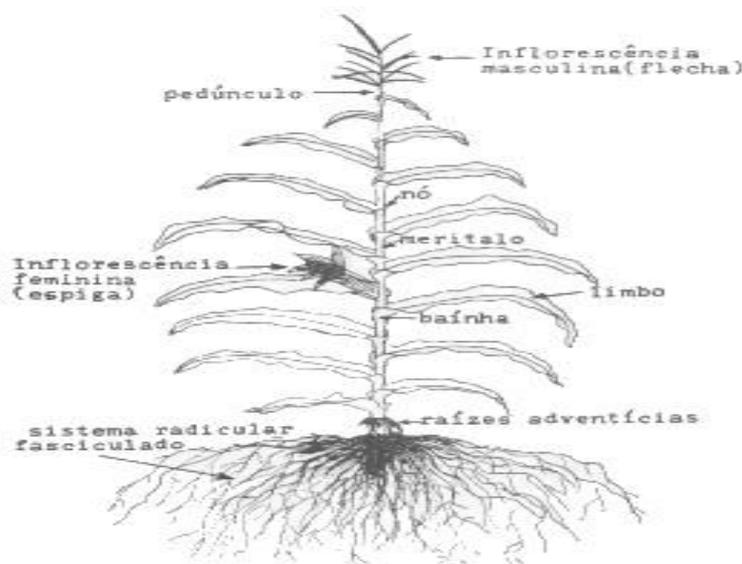


Figura 1 – Arquitetura de uma planta de milho (Fonte: Fancelli, 1986).

As raízes se desenvolvem segundo um sistema fasciculado podendo atingir mais de 3 metros de profundidade, no conjunto dessas características, existem raízes emergidas do nó cotiledonar e raízes secundárias laterais, onde se constitui o sistema radicular primário que tem como função a nutrição da plântula (GOODMAN & SMITH, 1980). A radícula tem a função de âncora para a semente e a plântula de milho, já as raízes seminais absorvem água e nutrientes até o desenvolvimento das raízes nodais (Figura 2).

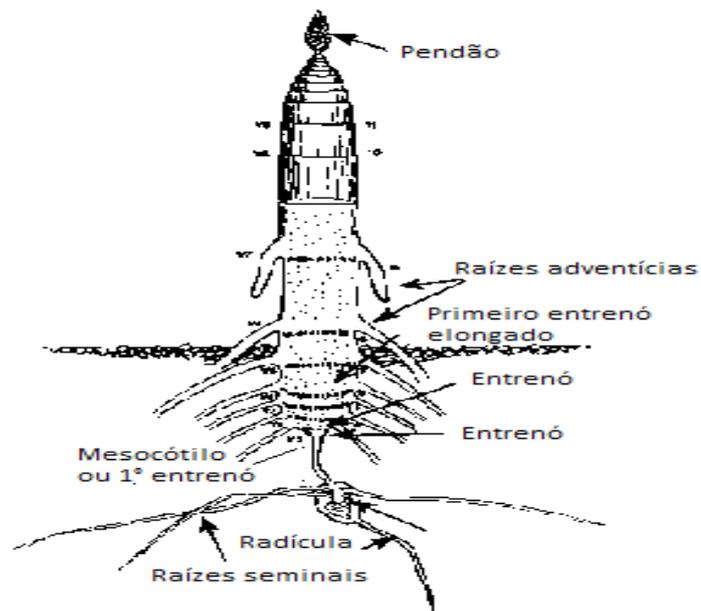


Figura 2 – Morfologia da parte subterrânea e basal da planta de milho (Fonte: Dirceu Gassen, 2006).

Por ser uma planta de ciclo variado o milho apresenta vários tipos de genótipo, desde super precoces, onde a polinização ocorrer em 30 dias depois da emergência, até genótipos onde o ciclo de vida pode chegar a 300 dias. No entanto, o milho é disposto em ciclos compreendidos entre 100 e 180 dias, tendo em vista a disposição dos genótipos (super precoce, precoce e tardio), sendo abrangido entre a semeadura e a colheita (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

2.2 O milho como cultura

O milho (*Zea mays*), é avaliado como o cereal de maior eficiência para o cultivo de grãos, especialmente pela sua altura, índice de área foliar, com privilegiado sistema radicular e considerável sistema vascular (Galinat, 1995).

O cereal possibilita o uso em diversos setores, seja ele de nutrição humana e animal, como também, de matéria prima para as indústrias agrícolas. Embora o alto potencial do milho, ele se mostra sensível a estresses sejam bióticos ou abióticos, daí advêm a necessidade de um rigoroso e eficiente sistema de manejo, a fim de possibilitar a máxima expressão de sua capacidade de produção (Andrade, 1995). Sendo assim, o desempenho do milho esta diretamente ligado a relação da cultura ao meio em que este se encontra, com destaque para as horas de luz, disponibilidade hídrica, amplitude térmica e ventos, no qual irão ser determinantes para a adaptação da planta ao meio ambiente adotado.

Para Fancelli e Dourado-Neto (2000) o milho necessita de altas temperaturas e umidade adequada, sendo ele de origem tropical. Tem-se em determinadas situações, a exigência de dias curtos para germinação, crescimento e florescimento, proporcionando maior eficiência na metabolização de foto assimilados pela planta, conseqüentemente maiores rendimentos.

Já para Coelho (2003) o rendimento do milho é baseado em vários pontos interligados, sendo os mais relevantes: a captação de radiação solar pelo dossel, eficácia do metabolismo da planta, eficiência de difusão aos grãos e ao potencial de dreno. Desta forma, esses fatores não são trabalhados diferentemente. Isto está estreitamente ligado com o período de plantio para a região, que deve ir de encontro a capacidade térmica, umidade e luminosidade durante o desenvolvimento fenológico do híbrido (Figura 3).

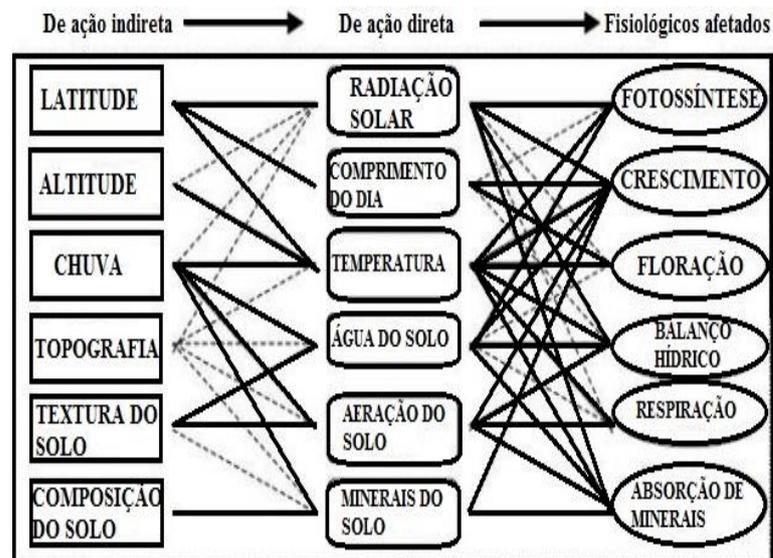


Figura 3 - Fatores que influenciam a produtividade agrícola do milho (DURÃES et al. 2005)

Outros componentes que afetam o desenvolvimento do milho estão ligados com o tipo de material, o manejo de pragas e doenças, estrutura de solo e o sistema de produção. O cultivo do milho em sistema de plantio direto vem predominando no país, sendo o mais aplicado atualmente, em especial nas grandes áreas. Já o plantio convencional é normalmente optado para abertura de áreas novas, como também nas de pastagens. Muitos produtores, ainda utilizam o sistema convencional, mesmo que, esteja expandindo o uso do plantio direto.

2.3 Fenologia do milho

Como descrito por MATZENAUER (1997) o conhecimento a respeito dos estádios fenológicos se faz necessário, para conseguirmos planejar os melhores períodos para semear, como também, eleger os genótipos que melhor irão se adaptar as condições impostas pelo meio em questão. Já BERGAMASCHI et. al. (2006), acredita que essas informações auxiliariam na elaboração de zoneamentos agrícolas, e na determinação das épocas críticas da cultura do milho, possibilitando não posicioná-la em períodos de deficiência hídrica.

Fancelli e Dourado-Neto (2000), realizaram uma pesquisa de acordo com o ciclo de desenvolvimento normal da cultura do milho, compreendendo cinco etapas: (a) germinação e emergência (acontece entre a semeadura e o surgimento da plântula, em um período de 4 a 12 dias, sendo influenciado pela temperatura e umidade); (b) crescimento vegetativo (tendo seu principio a partir do surgimento da segunda folha, até o florescimento, variando devido a precocidade ou não do material e dos fenômenos climáticos); (c) floração (compreendida entre o inicio da polinização e a frutificação); (d) frutificação (dura entre 40 e 60 dias, vai da fecundação ao enchimento total dos grãos); e (e) maturação fisiológica: período que vai do final da frutificação e o surgimento da camada negra, indicando assim o final do ciclo.

Na tabela 1, são elucidados as etapas dos estádios fenológicos exibidos pela cultura do milho, de encontro a adaptação a partir de RITCHIE e NESMITH (1993).

Tabela 1 - Fenologia da cultura do milho (adaptado de RITCHIE e NESMITH (1993)).

Estádio	Descrição
0	Emergência
1	Cultura com 50% das plantas apresentando 4 folhas totalmente desdobradas
2	Cultura com 50% das plantas apresentando 8 folhas totalmente desdobradas
3	Cultura com 50% das plantas apresentando 12 folhas totalmente desdobradas
4	Cultura com 50% das plantas apresentando emissão do pendão
5	Cultura com 50% das plantas apresentando emissão de pólen
6	Cultura com 50% das plantas apresentando grãos leitosos
7	Cultura com 50% das plantas apresentando grãos pastosos
8	Cultura com 50% das plantas iniciando as formação de "dentes"
9	Cultura com 50% das plantas apresentando grãos "duros"
10	Cultura com 50% das plantas de grãos "camada negra" (grãos fisiologicamente maduros)

Segundo Ritchie (1993), índices térmicos também tem ação direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas, de tal maneira que sítios de temperaturas mais elevadas determinam um desenvolvimento mais acelerado destes.

Para Fornasieri Filho (1992), as etapas de desenvolvimento, dá-se sob condições específicas de umidade e calor. No estágio fenológico de germinação, ele discorre que temperaturas entre 10°C e 42°C são as ideais, incitando o início da fase, com duração variando de 3 a 15 dias, aproximadamente. A cada prolongação deste período acarreta em perdas de produtividade, pois permite uma maior exposição dos grãos a ofensiva de moléstias (pragas e doenças), diminuindo o vigor e germinação das sementes, bem como ficando suscetível a lixiviação dos nutrientes necessários para o arranque de planta ocorridas entre a semeadura e a emergência (estádio 0), conforme já apresentado na tabela 1.

2.4 Temperatura

As variações de temperatura influenciam nas mais variadas etapas de desenvolvimento da planta. Enquanto, o desenvolvimento fenológico é comprometido tanto pela temperatura do solo, como do ar, a germinação e emergência são afetadas sobretudo pelas condições térmicas do solo (Bergonci & Bergamachi, 2002).

Villa Nova et. al (1972), define a temperatura média do dia e a temperatura média base exigida como graus-dia. O modo da adição de graus-dia, fundamentada no acúmulo energético superior a determinada temperatura base, é recorrente em métodos que expõem as etapas fenológicas e o desenvolvimento do milho. Tem-se como padrão, 10°C a temperatura basal para a cultura do milho, onde, sendo inferior a esta, não se permite gerar acúmulo de matéria seca. Kiniry (1991), descreve que a temperatura para o desenvolvimento do milho está compreendida entre 8°C de limite inferior e 44°C de limite superior, no qual, a temperatura entre 26°C e 34°C seria a ideal para o pleno crescimento da espécie. Porém, Berlato & Sutili (1976) também observaram bons resultados ao se utilizar de temperaturas mínimas basais de 4°C em híbridos precoces, 6°C para os de ciclo médio e 8°C para tardios.

Todas as culturas possuem seus pontos críticos (Figura 4) que são aqueles onde alcançam uma elevada sensibilidade ao estresse ambiental, compreendendo da pré-floração ao início da granação. Em densidades inferiores a esse ponto crítico, a produção de grãos por unidade de planta se mantém estável, pois não há disputa intra-específica por água, luz e nutrientes. Acima do ponto crítico, dá-se início a ocorrência de competições intra-específicas e diminuindo a produção por planta e a elevando a produção por espaço de forma quadrática, até chegar a um outro ponto, que é pontuado como de máxima produção por área (Morizet & Togola, 1984).

A população correspondente a esse ponto é a ideal para a combinação genótipo-ambiente. Sendo assim, pontos nos quais a temperatura média diária é inferior a 19°C e as médias estão abaixo de 12,8°C, não são ideais para a cultivo da cultura do milho de acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000).

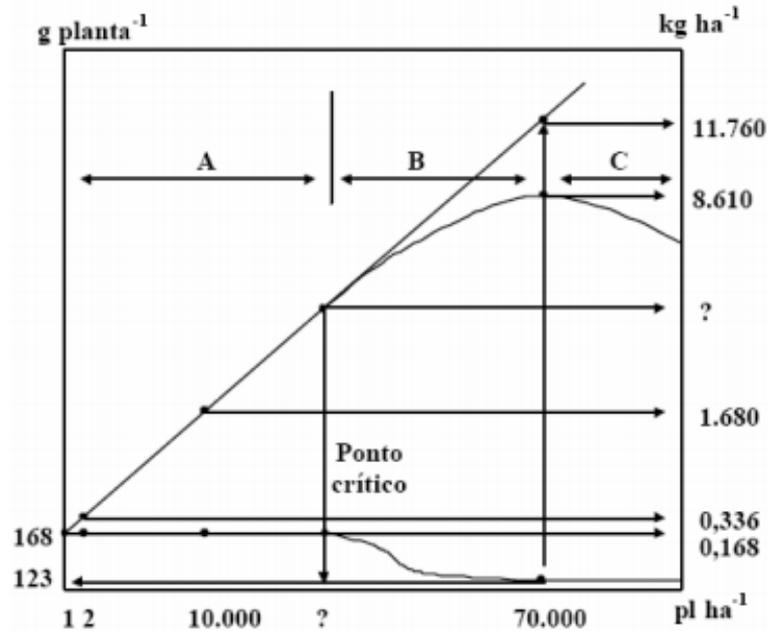


FIGURA 4 – Produção por unidade de planta (g planta^{-1}) e por unidade de área (Kg ha^{-1}) em função da população de plantas (plantas ha^{-1}) (DOURADO NETO; FANCELLI; LOPES, 2001).

2.5 Sensibilidade hídrica na cultura do milho

A disponibilidade hídrica é o fenômeno climático condicionante no Estado do Rio Grande do Sul, das safras de milho de verão, como também, da ocorrência nas demais áreas geográficas que cultivam este cereal no mundo. Os dados de produtividade mostram que, em anos de períodos com reduzida disponibilidade hídrica, o rendimento das culturas de verão são reduzidas, acarretando em perdas às cadeias produtivas (Matzenauer, 1986).

Para Magalhães & Paiva (1993), o estresse hídrico influencia em praticamente todas as etapas relacionadas ao crescimento das plantas, diminuindo a metabolização de fotoassimilados, índice de área foliar, entre outros aspectos relacionados ao desenvolvimento da planta. Quando ocorre alterações negativas na evapotranspiração, uma parcela da energia é direcionada para o aquecimento do solo, elevando a temperatura do ar e do sistema como um todo, fazendo com que a umidade seja reduzida, conseqüentemente também, o potencial produtivo. Desta forma, em uma área com déficit hídrico existirá maior necessidade evaporativa do ar junto às plantas, acarretando em um estresse mais acelerado e intenso.

O déficit hídrico reduz a expansão celular que, por sua vez, causa redução da área foliar. A diminuição da área foliar causa decréscimo da taxa de crescimento da planta, especialmente nos estádios iniciais do ciclo, reduzindo interceptação da radiação solar. Magalhães & Paiva (1993) observaram que o déficit hídrico afetou o índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca do milho. Nos períodos fenológicos iniciais, a planta do milho é sensível a estiagem, no qual expõem-se esta sensibilidade nos processos fisiológicos vinculados ao desenvolvimento do zigoto e princípio do enchimento de grãos. Os processos de desenvolvimento do zigoto e início da granação são muito suscetíveis a estresses, sobretudo ao que se refere a água (Schussler & Westgte, 1991).

Culturas submetidas a déficit hídrico exibem em suas folhas temperaturas maiores à do ar, devido a diminuição da transpiração, já que o fluxo de calor latente é reduzido e o calor sensível elevado, desta forma, amplitudes térmicas da folha em relação ao ar, podem ser referentes ao estresse hídrico. No milho, notaram-se diferenças de até 6°C entre áreas com irrigação e sem irrigação, no gradiente térmico do dossel, das 10 horas da manhã às 14 horas da tarde, segundo Bergonci (1999).

Considera-se, ainda, que a disponibilidade hídrica do milho, ao longo de todos os estágios fenológicos, esta diretamente condicionado a disposição espacial utilizada, advindo da junção entre os espaçamento entre fileiras empregado, a inexistência de barreiras mecânicas e químicas da estrutura do solo (possibilitando a exploração radicular), e a quantia de plantas por metro linear, onde assim, tem-se o volume do solo explorado.

2.6 Densidade de plantas na cultura do milho

A baixa população de plantas é normalmente algo que auxilia na perda de rendimentos, consistindo um dos grandes problemas no desenvolvimento da cultura do milho, em especial nas regiões menos favorecidas (ANES VIOLA, 1980; CARNEIRO & GERAGE, 1991).

Trabalhos vêm ratificando que a diminuição do espaçamento entre linhas e a elevação da população de plantas tem auxiliado para a obtenção de maiores

produtividades (GROSS, 2005; BORGHI e CRUSCIOL, 2007). O aumento do número de plantas se deve à melhor eficácia na interceptação e emprego da radiação solar, levando desta forma, ao aumento da produtividade (SANGOI, 2000).

Entre os inúmeros fenômenos que interferem na produtividade do milho, a procura pela melhor disposição na repartição das plantas é sem dúvida um dos mais importantes (Sangoi, 2000). Plantas distribuídas de modo equidistante concorrem menos por nutrientes, luz e água. Ao delimitar a melhor densidade de plantas, a seleção do material também é essencial para uma melhor resposta produtiva.

Grande parte dos produtores brasileiros de milho, ainda fazem uso do espaçamento entre 0,9-1m, dessa forma, conseguem permitir que seus implementos transitem entre as linhas durante as atividades de manejo culturais mecanizados, sem acarretar prejuízos significativos à cultura. Isto evita o rompimento do sistema radicular, bem como, o amassamento de colmos das plantas. Segundo estudos de Dourado Neto et al. (2003), a pesquisa de melhoramento de milho, têm procurado desenvolver materiais com superior resposta produtiva em densidades populacionais maiores, de 80 mil a 100 mil plantas por hectare, e sob espaçamentos entrelinhas mais reduzidos, o que pode resultar em uma maior produtividade. Fazendo-se uso do espaçamento de um metro entre fileiras, e se buscando obter uma população de 50 mil plantas/ha, serão requeridos (07) sementes por metro linear, ou próximo a 70 mil sem/ha, devido ao índice de germinação. Em situações ideais de solo, água e temperatura, as plântulas emergirão em 4 a 7 dias (FORNASIERI FILHO, 1992).

Das técnicas possíveis de serem utilizadas no modo de manipulação do arranjo de plantas, a de maior resultado no índice de produtividade é a densidade populacional, tendo em vista que, simples modificações na população resultam em alterações de grande impacto no rendimento final (SILVA et al., 2008). Diferentemente de outras espécies da família das poáceas, como por exemplo o sorgo, os modos de compensação de espaços do milho não se torna tão eficiente quanto às espécies que perfilham. Como também, mostram-se com limitada aptidão de expansão foliar, prolificidade reduzida e estrutura floral monoica.

Balbinot Filho e Fleck (2005), expõem que na ação de desenvolvimento das plantas, ocorre competição por nutrientes, luz e recursos hídricos. Esta disputa pode existir entre plantas da mesma espécie, o que se caracteriza por uma competição intraespecífica, ou por diferentes espécies, nomeada como competição interespecífica. A alteração no espaçamento entre plantas do milho modifica

principalmente, a competição intraespecífica, acarretando também em inúmeros outros efeitos sobre a planta, conforme a figura 5.

A opção por um híbrido de elevado potencial produtivo é essencial para a decisão de aumentar ou não a densidade de semeadura da cultura. Os materiais de menor tamanho possibilitam o plantio em espaçamentos reduzidos. Além disso, espaçamentos menores favorecem o rendimento operacional, pois permitem o manejo de equipamentos agrícolas como pulverizadores, plantadeiras e colhedoras no mesmo rastro, tornando-se também uma vantagem para o produtor (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000).

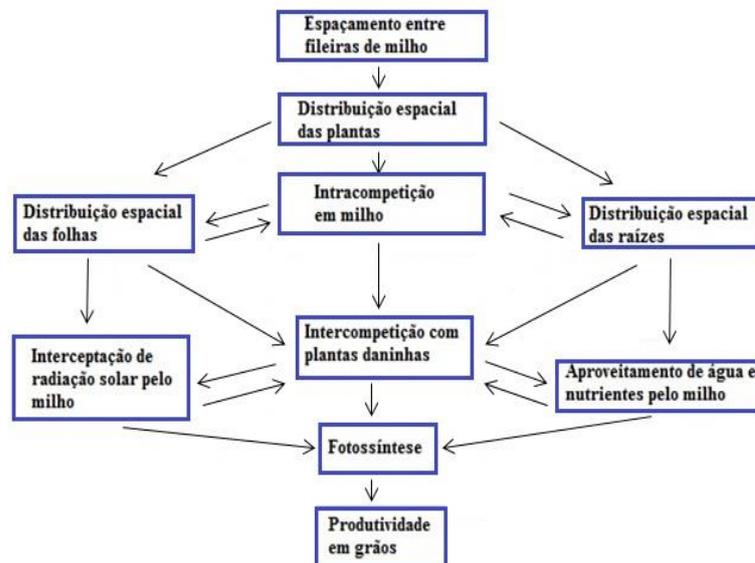


Figura 5 - Fluxograma a respeito da influência do espaçamento entre linhas do milho, em relação a concorrência de plantas daninhas e rendimento de grãos (Balbinot Júnior e Fleck, 2005).

O acréscimo na população de plantas é um meio de aumentar a interceptação da radiação solar. Entretanto, também pode diminuir o fluxo fotossintético da cultura e conversão de fotoassimilados na produção de grãos, crescendo o intervalo entre o florescimento masculino e feminino, conseqüentemente modificando o número de grãos por espiga (SANGOI et al., 2003).

A procura pela população ideal é justificada pela contínua busca de maiores rendimentos, esse objetivo tem por função elevar o número de plantas produtoras de grãos na superfície do solo, isto é, aproveitar melhor os espaços e a radiação solar, ocasionando maior capacidade competitiva do milho sobre as plantas daninhas,

devido à melhor distribuição do sistema radicular e à melhor cobertura do solo, evitando novos fluxos germinativos e reinfestações (TEASDALE, 1995).

2.7 Características para obtenção de altas produtividades

Segundo Peixoto (2014), evidências mostram que, o milho experimenta hoje um novo cenário de produtividade, com médias acima de 14 t/ha e que, como a soja, alterou o nosso sistema produtivo (Figura 6), descreve também, que nos dias de hoje, os produtores utilizam-se de duas culturas de milho: a do milho safra (plantio em outubro) e a do milho safrinha (plantio a partir do meio de janeiro) . Assim, vem-se transformando de modo nítido o sistema produtivo em muitas regiões produtoras do Brasil, a exemplo do estado do Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Bahia e outros.

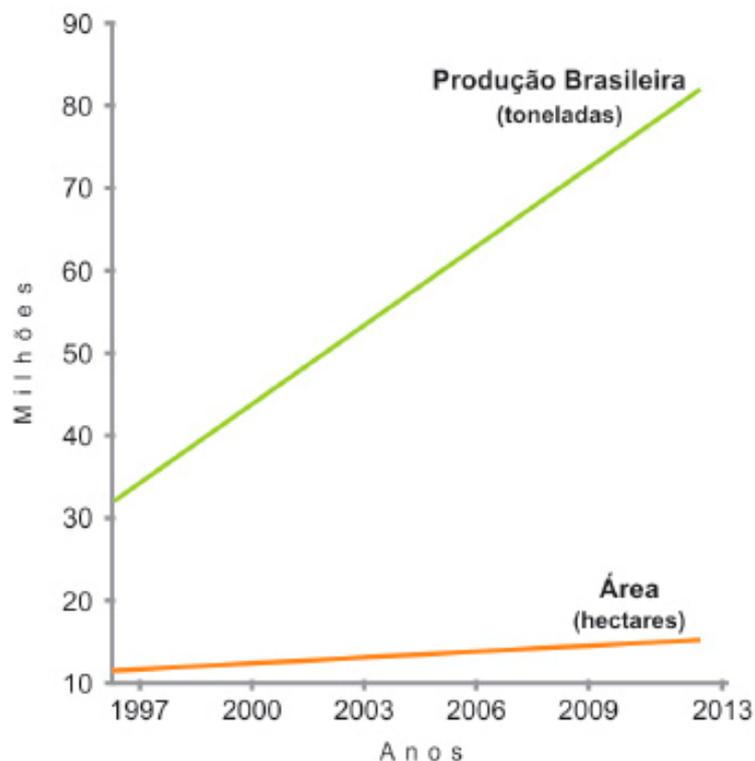


FIGURA 6 - Evolução da produção brasileira de milho de 1997 à 2013.

Porém, para sustentar toda essa evolução, existe a necessidade de investimentos substanciais. A começar pelos programas de melhoramento ofertando

híbridos mais adaptados, responsivos ao uso de tecnologia e, conseqüentemente mais produtivos, passando pela geração e difusão de informações de manejo e conseqüentemente, melhor suporte no campo e, mais recentemente, a incorporação de novas tecnologias, tendo como exemplo a tecnologia *Bt* (*Bacillus thuringiensis*). Esse conjunto, na prática, foi quem mudou a cultura do milho no país (PEIXOTO, 2014).

Obter uma alta produtividade é o principal objetivo ambicionado pelos agricultores, em especial para o milho onde os custos vem se elevando consideravelmente com o passar dos anos. Obter altas produtividades tem suas exigências, ou seja, o sucesso do agricultor depende de realizar um planejamento adequado do plantio, seguindo determinados passos. O rendimento produtivo é determinado quando a cultura se desenvolve em um meio onde está adaptada, sem restrições hídricas e nutricionais, como também moléstias causados por doenças e pragas efetivamente controladas (DOBERMANN, 2006). Logo para um material em um ambiente específico, o potencial de produtividade do híbrido é definido pelo fornecimento reduzido de água, como também, por intensidade de radiação solar, temperatura, genótipo, CO₂, desequilíbrios de nutrição da planta, doenças, insetos, competição pelas plantas daninhas, e densidade de plantas (Figura 6).

Sintetizou-se, características para se obter altos potenciais produtivos no milho e o desenvolvimento de estratégias de manejo para alcança-los. Os passos para se obter altas produtividades, segundo Dobermann (2006), são:

- Compreender as condições de clima ideais e o potencial produtivo do material, elevando ao máximo a produção por meio do plantio de dos híbridos de milho em épocas e densidades populacionais adequadas.
- Maximizar a eficiência hídrica (precipitação ou irrigação), minimizando desta forma, a diferença em relação a produtividade potencial.
- Adquirir sementes de boa qualidade, com ótima adaptabilidade ao meio.
- Definir a população de plantas ideais para a plena expressão do potencial da cultura.
- Corrigir eventuais problemas de compactação do solo, acidez e concentração e micronutrientes.
- Monitorar e controlar plantas daninhas, insetos e doenças através de medidas profiláticas, mantendo uma excelente sanidade de planta.

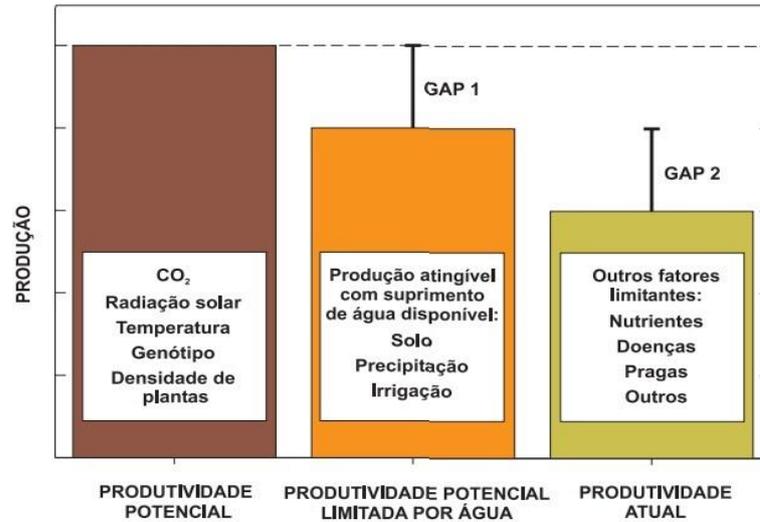


FIGURA 7 - Fatores que afetam o potencial produtivo da cultura.

Segundo Fancelli (2006), lavouras de milho que obtêm entre 80-85% do potencial de produção, são resultantes da utilização de boas práticas de manejo, bem como: realização de amostras de solo, rotacionamento de culturas, população compreendendo entre 70-85 mil plantas por hectare, N manejado em pré-plantio entre os estádios V5 - V6, com ótimo manejo de cultura de modo geral. Já para produções superiores a 90% do potencial, existe o requerimento de maiores populações (80-100 pl/ha⁻¹), espaçamento de 45-70 cm, entre linhas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento de campo foi conduzido no município de Palmeira das Missões, estado do Rio Grande do Sul, na propriedade do Grupo Irmãos Schmitt, cujas coordenadas geográficas são 27° 53' 56" de latitude Sul e 53° 18' 50" de latitude Oeste, com altitude de 639 metros, possui um clima classificado como Cfa, caracterizando-se como clima subtropical apresentando os verões quentes e os invernos frios (Nimer, 1989). Os ventos são predominantes do quadrante leste. As precipitações apresentam boa distribuição, sem estação seca definida, com seus índices pluviométricos de 1500 mm a 1.750 mm, precipitações de ascendência frontais, constituídas por frentes quentes da região (SULZBACH, 2003). A zona de manejo de relevo considerado plana possui uma declividade correspondente a 2%, já a zona de manejo declivosa possui uma declividade correspondente a 15%.

A fazenda a mais de 25 anos faz uso do plantio direto, com cerca de 850 hectares de área plantada, ao longo deste período, predominou-se o cultivo intenso de três culturas: milho (*Zea mays L.*), soja (*Glycine max L.*) e trigo (*Triticum aestivum L.*). Destes 850 hectares, 30% anualmente são destinados ao cultivo do milho sendo este percentual inserido na rotação de culturas. No inverno, o cultivo do trigo se torna a principal cultura utilizada comercialmente, sendo que o nabo forrageiro é empregado como cultura isolada ou consorciada com aveia preta antecedendo a cultura do milho.

3.2 Caracterização física e química do solo

O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico Típico, unidade de mapeamento Passo Fundo, com média de profundidade de 1,5 metros, de textura argilosa (Embrapa, 2006). A análise química foi realizada para amostras

obtidas na camada de 0 a 15 cm que esta citada na tabela 02. Os resultados revelaram teores médio de matéria orgânica (MO), o teor de fósforo (P) foi considerado alto na camada de 0-15 cm como também a concentração de potássio (K). Os teores de cálcio e magnésio (Mg) estavam médios, e o teor de alumínio (Al) do solo estava zerado (ROLAS, 2004).

Tabela 2 - Resultado da análise de solo, experimento de diferentes tipos de população de milho, município de Palmeira das Missões, RS.

Camada (cm)	ARGILA(%)	H2O(pH)	P(mg/dm ³)	K(mg/dm ³)	M.O.(%)	Al(cmolc/dm ³)
0-15	61	5.8	24	285	3.1	0
Ca(cmolc/dm ³)	Mg(cmolc/dm ³)	CTC(cmolc/dm ³)	S(mg/dm ³)	Cu(mg/dm ³)	B(mg/dm ³)	Mn(mg/dm ³)
6.7	2.1	14.8	8.1	1.7	0.4	14

3.3 Implantação do experimento de campo

Para o experimento, foram realizadas 2 zonas de manejo, uma de relevo plano e outra de relevo declivoso, ficando estabelecido 8 tratamentos (70.000, 85.000, 95.000, 100.000, 105.000, 111.000, 120.000 e 151.000 plantas/ ha) em cada zona (Figura 08). Para averiguação do objetivo principal que é avaliar o efeito das variações das populações de plantas na produtividade do milho, da variável produtividade foi realizada por meio de uma colhedora e estimado para hectares. Como objetivo específico, foram avaliados a altura de planta, comprimento de espiga, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro da espiga e o diâmetro do colmo nas diferentes zonas, em diferentes tratamentos.

O material escolhido foi o 1630 da empresa de milho "Pionner", um híbrido simples hiperprecoce de elevado potencial produtivo, indicado para os plantios nas regiões Sul, sendo a pureza e germinação mínima dos lotes de sementes de 85%. Todos os valores encontrados foram estimados para hectares.

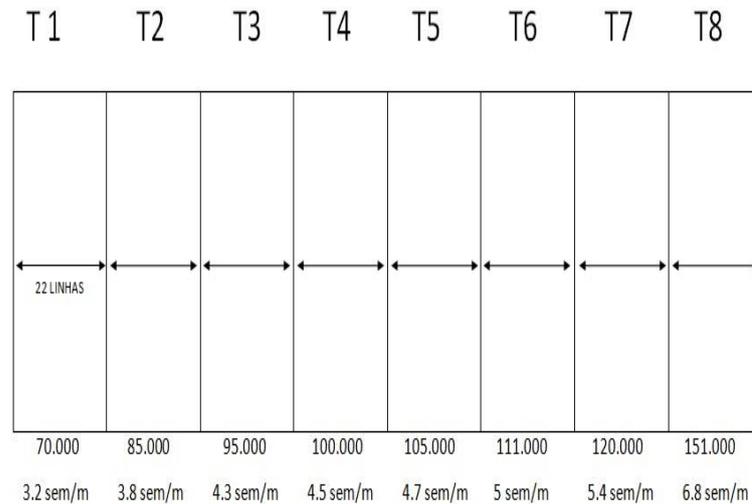


Figura 8 – Croqui do experimento, população de plantas: 70.000, 85.000, 95.000, 100.000, 105.000, 111.000, 120.000 e 151.000 plantas/ ha (Autor 2013).

As repetições são formadas pelo conjunto de unidades experimentais (UE), sendo que as 8 repetições estão dentro das 22 linhas, onde o espaçamento de todos os tratamentos são de 0,45 metros e comprimento de 114 metros, perfazendo um total de 1128 m².

Dentro da área foi homogeneizado as unidades experimentais e casualizado os tratamentos, sendo o experimento desenvolvido no esquema bi-fatorial, sendo o relevo (declivoso ou plano) o fator A (qualitativo) e a densidade de plantas por hectare (T1=70.000; T2=85.000; T3=95.000; T4=100.000; T5=105.000; T6=110.000; T7=120.000 T8=151.000 plantas/ ha) o fator D (quantitativo).

3.3.1 Semeadura e adubação

A semeadura foi realizada sob sistema de plantio direto, no qual a cultura do nabo forrageiro antecedeu o plantio do experimento, onde vinte e oito dias após a dessecação do nabo forrageiro foi iniciada a semeadura do milho. Foi utilizada uma semeadora John Deer 1145 de 11 linhas, que possui taxa variável de sementes da marca Agrotax de procedência argentina, equipada com DGPS (Sistema de Posicionamento Global com Sinal Diferencial), que permite alterar instantaneamente as doses pretendidas por intermédio da leitura de um mapa de aplicação (formato shape file).

Desta forma, após definidos as populações, realizou-se automaticamente a distribuição das sementes (tratadas com thiodicarb), de ida e volta nas unidades experimentais, totalizando 22 linhas a uma velocidade média de 4,5 Km/h (Figura 9). O comportamento da semeadora foi baseado na avaliação proposta por Torino e Klingensteiner (1983), onde entendem como uma ótima eficiência a semeadora que distribuir de 90 a 100% dos grãos na faixa do espaçamento aceitável, boa eficiência de 70 a 90%, regular eficiência de 50 a 75% e insatisfatória menor que 50%.



Figura 9 - Vista do experimento: parcelas e desenvolvimento do milho (Autor, 2013).

A primeira adubação na área foi realizada no dia 08 de agosto de 2012, manejando 200 Kg/ha de Cloreto de Potássio a lanço de forma mecanizada o que constitui 120 Kg/ha de Potássio, foi levado em conta os níveis já existentes deste elemento no solo e os indicativos da análise, para assim optar por esse estilo de operação. Dias após, realizou-se a semeadura da cultura, bem como o restante da adubação que, caracterizou-se pelo o uso de 200 Kg/ha Di Amônio Fosfato (DAP) na linha de plantio, constituindo o total de 92 Kg/ha de fósforo e 32 Kg/ha de nitrogênio, mantendo-se a mesma distribuição de nutrientes em toda a área. Os manejos de defensivos, controle de plantas daninhas e insetos pragas, foram feitos em duas etapas, sendo a primeira aplicação em pós-emergência inicial (15 DAE) e a segunda aos 30 DAE. Foram utilizados os inseticidas triflumuron (48%) e lambdacyhalothrin (50 g.L-1), e o herbicida atrazine (500 g.L-1), nas duas aplicações nas duas zonas de manejo, realizados conforme as condições de pressão de doenças e ervas daninhas, não se diferenciando dos demais tratos culturais da outras áreas de plantio da propriedade do produtor.

3.3.2 Tratos culturais

Dois dias antes do plantio, realizou-se uma dessecação para controle de plantas daninhas recém emergidas com $0,8 \text{ Kg ha}^{-1}$ do ingrediente ativo glyphosate. Nessa aplicação foram adicionados lufenuron na dose de 25 g ha^{-1} e methomyl na dose de 180 g ha^{-1} . As sementes foram tratadas com thiodicarb e thiamethoxan nas doses de 600 g e 42 g para cada 100 kg de sementes respectivamente.

Conduzido em sequeiro, cada tratamento recebeu por igual 350 kg por hectare de Ureia em cobertura, divididas em 2 aplicações, quando as plantas apresentavam respectivamente quatro e oito folhas verdadeiras. Também foi fornecido 400 gramas de manganês folhar divididas em 2 aplicações (V4 e V8), como também, 40 gramas de molibdênio folhar em V8.

Todos os manejos ao longo do desenvolvimento fenológico da planta, não foram distintos das demais áreas de plantio de milho do produtor, desta forma, procurou-se excluir qualquer interferência que pudesse descaracterizar o objetivo principal do trabalho que é mensurar o potencial produtivo das diferentes densidades de plantas de milho.

3.4 Avaliações

Após as plantas de milho se encontrarem no estágio de maturação fisiológica, considerou-se aleatoriamente (dentro das 22 linhas) 8 repetições e o conjunto de 9 plantas (unidades experimentais) formando cada repetição (Figura 10), sendo representado cada tratamento as medidas no centro da subparcelas (repetições) e realizada as medidas de todas as variáveis:

A) Altura de planta (AP)

A medida da estatura de plantas foi realizada do chão até a base da folha bandeira utilizando uma régua graduada em centímetros (Figura 11).

B) Estatura de inserção da 1° espiga (IE)

Junto à determinação da altura de planta foi mensurado a distância do chão até a base da espiga principal de cada planta utilizando uma régua graduada em centímetros (Figura 11).

C) Comprimento de espiga (CE)

Foi medido o comprimento da espiga, no qual por meio de uma régua graduada em centímetros foi realizada a avaliação.

D) Diâmetro de colmo e espiga (DE)

Foi conferido o diâmetro do colmo no segundo entre nó acima do solo (Figura 10) e o diâmetro de espiga. Como equipamento, foi utilizado um paquímetro graduado em décimo de milímetro.

E) Produtividade em grãos

A colheita foi feita pelo método mecanizado, 165 dias após o plantio, recolhendo todas as espigas das parcelas úteis, realizando a pesagem do caminhão na balança da propriedade a cada tratamento colhido. A produtividade foi calculada pela massa das amostras, corrigindo-se a 13% de umidade e transformado para kg/ha^{-1} , mensurando assim os números obtidos por meio das variações de população de plantas adotadas.

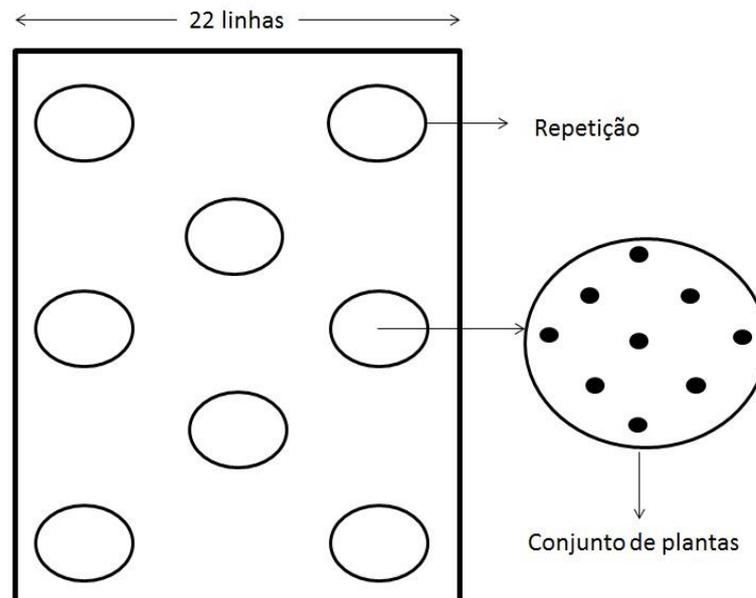


Figura 10 – Ilustração das repetições e dos conjunto de plantas que formam cada repetição (Autor 2013).

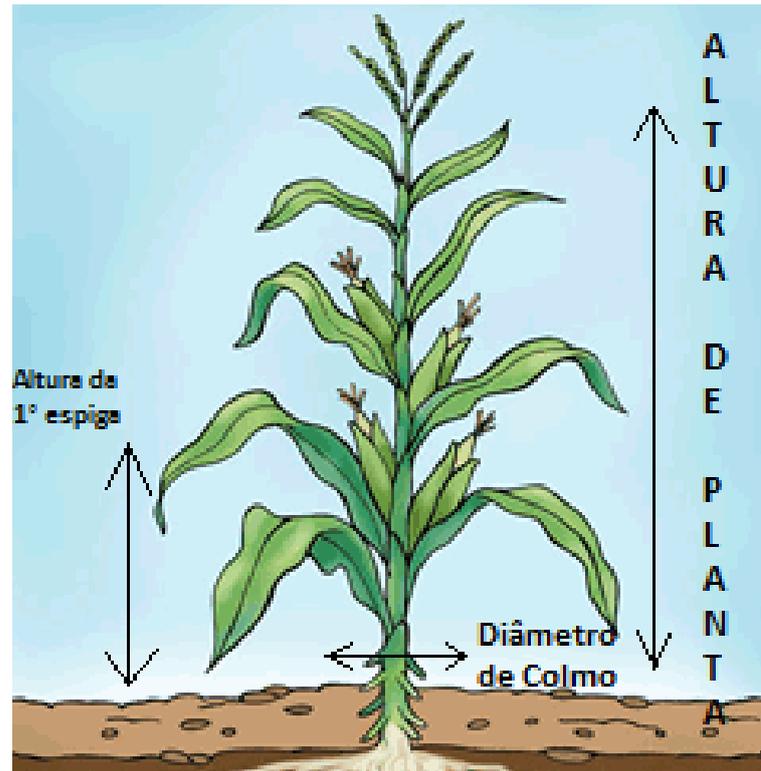


Figura 11 – Ilustração da medida da altura de planta, altura da inserção da 1º espiga e do diâmetro de colmo (Autor 2013).

3.5 Análise estatística

3.5.1 Análise de variância e teste de Tukey

Foi realizado por meio de correção do solo a homogeneização das Unidades Experimentais (UE) e casualização dos tratamentos, para o desenvolvido do experimento no esquema bi fatorial, sendo o relevo (declivoso ou plano) o fator A (qualitativo) e a densidade de plantas por hectare (T1=70.000; T2=85.000; T3=95.000; T4=100.000; T5=105.000; T6=110.000; T7=120.000 T8=151.000 plantas/ ha) o fator D (quantitativo).

Juntamente a isso, foi feita a análise de variância (ANOVA) para as variáveis, altura de planta (AP), estatura de inserção da 1º espiga (IE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de colmo e espiga (DE). Após a realização da ANOVA, para as estatísticas significantes foi feito o teste de Tukey a 5% de erro.

3.5.2 Análise de correlação entre os componentes de produção

Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre as variáveis altura de planta, tamanho de espiga, tamanho de inserção da primeira espiga, diâmetro das espigas e o diâmetro do colmo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as variáveis analisadas, a interação não mostrou diferença significativa entre o relevo (plano e declivoso) e a densidade populacional de plantas, quanto a altura de planta, inserção da 1^o espiga, comprimento da espiga e diâmetro de espiga, isto é, a medida que se eleva a densidade de plantas não ocorre na mesma proporção o crescimento ou decréscimo dessas variáveis conforme o relevo, conforme o Quadro 1. A única variável que mostrou-se significativa foi o diâmetro de colmo, onde a interação com 2,77, isto pode ser explicado pelo fato que, com o aumento da densidade populacional com o tipo de relevo, ocorre uma redução do tamanho do colmo das plantas de milho, mas não necessariamente na altura das plantas, inserção da 1^o espiga, comprimento e diâmetro de espiga. No entanto como no diâmetro de colmo o fator A (relevo) não mostrou-se significativo, toda a variabilidade é atribuída ao fator D (densidade populacional), o que era esperado, pois existe a tendência de que com o aumento populacional tende a diminuir o diâmetro das plantas, mas não necessariamente a sua altura total.

A não existência de interação (Quadro 1) na estatística F, mostra que, independentemente do tipo de relevo o fator densidade mostra-se paralelo, isto é, a medida que cresce um fator, todos os fatores crescem paralelamente, por isso a não existência de interação. Assim para altura de plantas, inserção da 1^o espiga, comprimento e diâmetro da espiga, o tipo de relevo não interage com a densidade populacional de plantas, e deve-se estudar os fatores isoladamente para estas variáveis.

Quadro 1 - Valor da estatística F no quadro da ANOVA para altura de plantas (m), diâmetro de colo(cm), inserção da 1^o espiga (cm), comprimento da espiga (cm) e diâmetro de espiga (cm).

	Altura da Planta	Diâmetro de Colmo	Inserção 1 ^o espiga	Comprimento espiga	Diâmetro de espiga
Fator (A)	395,53**	0,639ns	246,60**	45,53**	194,53**
Fator (B)	5,34	7,43	5,52	7,34	4,34
Interação (A x B)	1,16ns	2,77**	1,11ns	1,16ns	1,16ns

** significância a 5% de erro. ns = não significativo a 5% de erro

4.1 Altura de plantas

Quando estudados os fatores isoladamente, e de acordo com os dados apresentados no Quadro 1, o fator A apresenta F de 395,53, sendo significativo, isto é, o relevo interfere diretamente na altura das plantas, mostrando que a média de altura das plantas do terreno plano são maiores que as implantadas em terreno declivoso. Isso aconteceu em todas densidades populacionais que foram aplicados os tratamentos (Anexo 1), onde as plantas do relevo declivoso são menores que a do relevo plano, sendo diferentes a 5% no teste de Tukey, concordando com os resultados dos autores (KUNZ, 2005; PALHARES, 2003), no qual discorrem que esse aumento da altura de plantas ocorre pelo maior alongamento dos entrenós, devido ao efeito combinado da disponibilidade hídrica, competição intraespecífica por luz e estímulo da dominância apical.

Sangoi (2000), também cita que a reduzida oxidação de auxinas, consequência da proximidade das plantas em populações elevadas, excita a alongação celular, desta forma, os entrenós do colmo se tornam maiores, elevando assim a altura da planta.

Tabela 3 - Altura média de plantas (m) de milho referente aos diferentes tratamentos.

Zona de Manejo	Tratamento	População (população.ha ⁻¹)	Altura média (m)	CV (%)
Plana	1	70.000	2,11	3,92
Declivosa	1	70.000	1,82	5,86
Plana	2	85.000	2,10	2,31
Declivosa	2	85.000	1,67	4,47
Plana	3	95.000	2,18	4,56
Declivosa	3	95.000	1,80	5,26
Plana	4	100.000	2,19	2,96
Declivosa	4	100.000	1,83	4,08
Plana	5	105.000	2,25	3,14
Declivosa	5	105.000	1,88	5,54
Plana	6	111.000	2,22	2,38
Declivosa	6	111.000	1,90	4,77
Plana	7	120.000	2,13	2,75
Declivosa	7	120.000	1,86	3,55
Plana	8	151.000	2,15	1,98
Declivosa	8	151.000	1,85	2,23

**Fator A mostrou-se significativo a 5% teste de Tukey

Quando estudado a regressão (fator B), a equação significativa foi a de 4º grau, assim, nenhuma equação se adapta a altura de planta, não podendo ser estimada biologicamente. De acordo com o gráfico 01, pode-se verificar a não existência da interação entre o relevo e a densidade, devido paralelismo das equações (Anexo 1), isto é, existe a tendência de aumentar o fator (A) a medida que se aumenta o fator (D). Argenta et al. (2001), também verificou um aumento em altura de plantas, conforme aumentou a população de plantas de 40.000 para 100.000 plantas ha⁻¹.

A equação que foi significativo foi um grau maior que o do 3º grau, sendo este o grau máximo estudado em dados biológicos, e abaixo nenhum mostrou-se significativo. De maneira geral, a altura de planta foi tanto maior quanto maior foi a população de plantas, em ambas as zonas de manejo avaliadas (Figura 12), isso devido ao efeito combinado da competição intra-específica por luz, como consequente estímulo da dominância apical das plantas, bem como por água e nutrientes, conforme relata Sangoi (2001).

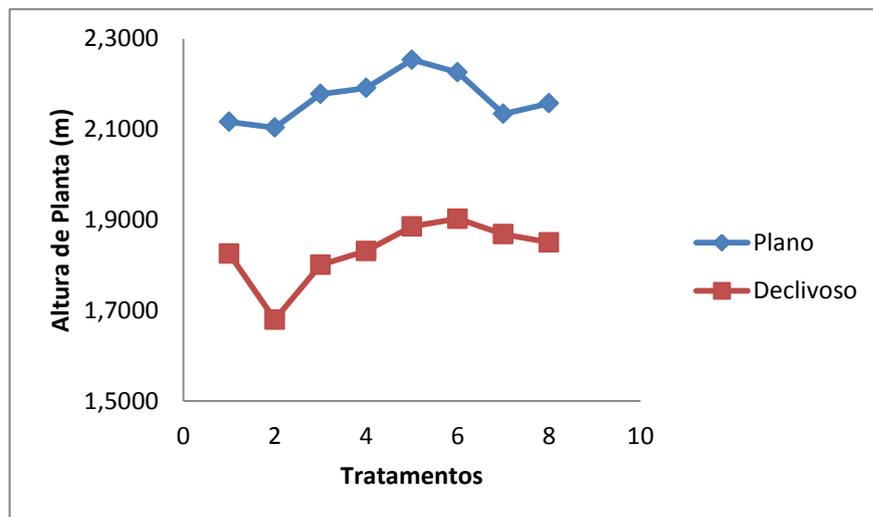


Figura 12 - Relação entre altura de planta (m) e tratamentos.

4.2 Inserção da 1ª espiga

A estatura de inserção da 1ª espiga é uma característica específica de cada híbrido, podendo variar em decorrência de condições ambientais pontuais ou de

anos agrícolas. De acordo com a Tabela 4, também não ocorreu diferença significativa a 5% de erro quanto a interação. No entanto quando analisados separadamente o fator A, encontrou-se diferença significativa tanto na estatística F, quanto no teste de tukey a 5%, assim a altura da inserção da 1º espiga difere entre a região plana e declivoso (Tabela 4).

Tabela 4 - Estatura de inserção da 1º espiga (m) de milho referente aos diferentes tratamentos.

Zona de Manejo	Tratamento	População (população. ha ⁻¹)	Inserção da 1º espiga	CV(%)
Plana	1	70.000	0,73	9,55
Declivosa	1	70.000	0,55	9,13
Plana	2	85.000	0,69	6,28
Declivosa	2	85.000	0,47	13,67
Plana	3	95.000	0,73	14,10
Declivosa	3	95.000	0,55	11,66
Plana	4	100.000	0,76	7,51
Declivosa	4	100.000	0,53	7,29
Plana	5	105.000	0,73	6,24
Declivosa	5	105.000	0,57	8,84
Plana	6	111.000	0,80	4,47
Declivosa	6	111.000	0,61	12,33
Plana	7	120.000	0,85	4,23
Declivosa	7	120.000	0,58	5,53
Plana	8	151.000	0,83	11,22
Declivosa	8	151.000	0,58	7,47

**Fator A mostrou-se significativo a 5% teste de Tukey

Novamente, verifica-se que as retas tem a mesma tendência (Figura 13), motivo que não mostrou diferença significativa a 5% de erro para interação. Assim como a altura de plantas, a altura da inserção da 1º espiga também não adequou-se a nenhuma equação com grau até o terceiro.

Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2002), que aponta que a estatura de planta aumenta de acordo com a altura de inserção da 1º

espiga, sendo a umidade, radiação e temperatura responsáveis por essa relação. Estudos encontrados por Furtado (2005), também concordam que o aumento da população de plantas das cultivares testadas por ele, originaram a elevação na altura de inserção de espigas seguido por um aumento de altura de plantas. Nesta linha, Mateus et al. (2004) igualmente notou que quando se aumentou a densidade de plantas de 40000 para 97700 plantas ha^{-1} , ocorreu um acréscimo na altura de inserção da espiga e da altura das plantas.

Resultados como esses podem interferir na produtividade final no campo, pois Possamai (2001) cita que as perdas de pureza de produtividade na colheita mecanizada, dentre outros fatores, é diretamente influenciada, pela altura de inserção das espigas e que plantas com inserção de espigas mais altas apresentam maiores vantagens na colheita.

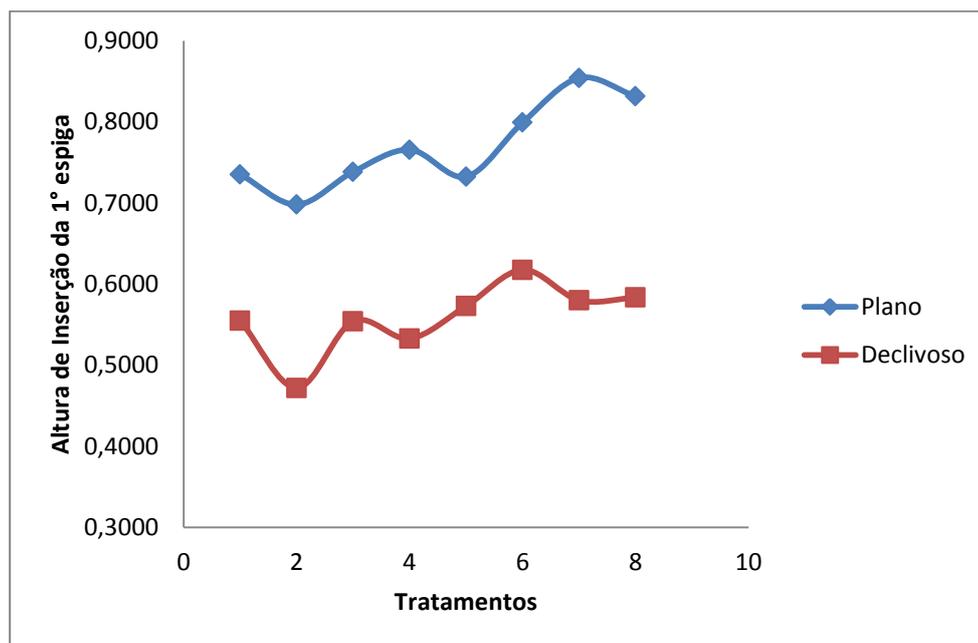


Figura 13 - Relação entre altura de inserção da 1ª espiga (m) e tratamentos.

4.3 Comprimento de espiga

O comprimento da espiga é uma característica específica de cada híbrido, podendo variar em decorrência de condições ambientais pontuais ou de anos

agrícolas. De acordo com a tabela 6 também não ocorreu diferença significativa a 5% de erro quanto a interação, devendo os fatores serem analisados separadamente. No entanto quando analisados separadamente o fator A, encontrou-se diferença significativa tanto na estatística F, quanto no teste de tukey a 5%, assim a existe diferença sim no comprimento de espiga quando plantado em terrenos planos e com relevo declivoso (tabela 5).

Tabela 5 - Comprimento de espiga (m) referente aos diferentes tratamentos.

Zona de Manejo	Tratamento	População (população. ha ⁻¹)	Comprimento de espiga	CV(%)
Plana	1	70.000	0,18	5,46
Declivosa	1	70.000	0,15	4,50
Plana	2	85.000	0,17	7,06
Declivosa	2	85.000	0,13	4,52
Plana	3	95.000	0,16	5,52
Declivosa	3	95.000	0,13	7,42
Plana	4	100.000	0,18	6,26
Declivosa	4	100.000	0,17	7,75
Plana	5	105.000	0,17	7,84
Declivosa	5	105.000	0,13	7,21
Plana	6	111.000	0,17	4,21
Declivosa	6	111.000	0,13	6,48
Plana	7	120.000	0,17	5,54
Declivosa	7	120.000	0,13	6,53
Plana	8	151.000	0,17	8,11
Declivosa	8	151.000	0,11	9,40

**Fator A mostrou-se significativo a 5% teste de Tukey

Nos tratamentos T1 e T2 de ambas as zonas pesquisadas, notou-se que o híbrido apresentou incremento do comprimento de espiga pela redução da população de plantas, isso pode ter ocorrido devido a densidade de plantas ser

menor, competindo minimamente por nutrientes e possibilitando a maximização da atividade fotossintética pós-antese (Sangoi,2000).

Já para os demais tratamentos, com exceção do T4 da zona declivosa (Figura 14), isso não foi observado, possivelmente devido a competição intraespecífica por água, nutrientes e luz, onde desta forma a competição por recursos necessários para o ideal desenvolvimento fenológico seja maior, concordando com os resultados obtidos por Palhares (2003) e também Paulo e Andrade (2003) . Apesar do T4 dos valores do relevo declivoso ultrapassar valores médios do plano, a tendência novamente é que esses valores não se cruzem. Quando estudado a análise de regressão nenhum valor com ordem igual ou menor que o 3 mostrou-se significativo.

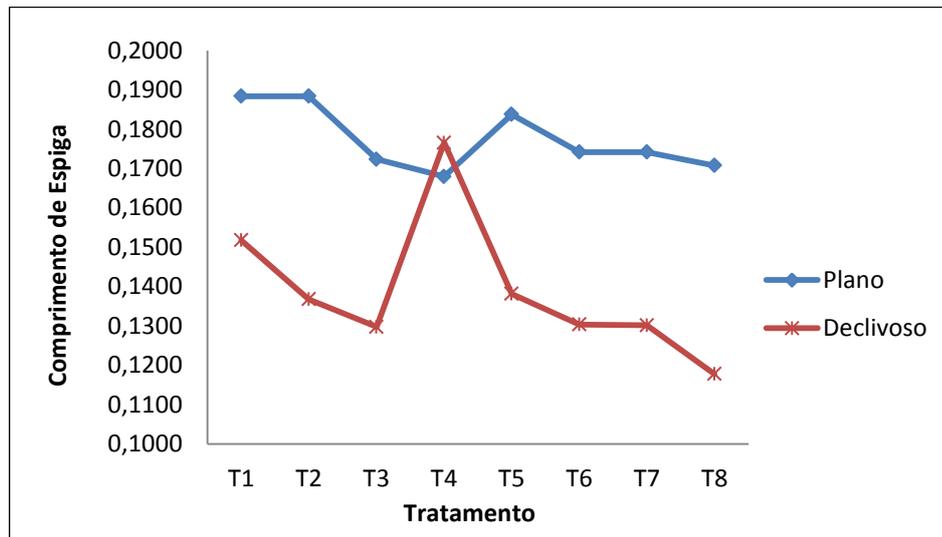


Figura 14 - Relação entre comprimento de espiga (m) e tratamentos.

4.4 Diâmetro de espiga

Esta variável assim como as testadas anteriormente mostrou a mesma tendência, não evidenciando diferença significativa a 5% para a interação, sendo esperado este resultado uma vez que todas as outras variáveis também não tiveram, sendo que elas naturalmente possuem uma alta correlação. Quando apresentado as

médias obtidas no estudo (Tabela 6), notou-se um comportamento estatístico semelhante.

Tabela 6 - Diâmetro (m) da espiga do milho referente aos diferentes tratamentos.

Zona de Manejo	Tratamento	População (população.ha ⁻¹)	Diâmetro de espiga	CV(%)
Plana	1	70.000	0,18	5,68
Declivosa	1	70.000	0,16	3,83
Plana	2	85.000	0,17	4,18
Declivosa	2	85.000	0,15	3,86
Plana	3	95.000	0,17	2,75
Declivosa	3	95.000	0,14	5,18
Plana	4	100.000	0,17	2,43
Declivosa	4	100.000	0,15	2,64
Plana	5	105.000	0,17	4,93
Declivosa	5	105.000	0,16	2,28
Plana	6	111.000	0,17	2,90
Declivosa	6	111.000	0,15	5,59
Plana	7	120.000	0,17	2,96
Declivosa	7	120.000	0,16	3,64
Plana	8	151.000	0,17	7,47
Declivosa	8	151.000	0,13	7,51

**Fator A mostrou-se significativo a 5% teste de Tukey

Existe diferença significativa ($p < 0.01$) no diâmetro da espiga nos diferentes relevos (Quadro 1) e pelo teste de Tukey, no entanto a equação que mostrou significativa são maiores que o terceiro grau, e para dados biológicos não são estudados (Figura 15). Isso difere de modo geral de Lenzi (1992), que apresentou resultados decrescentes do diâmetro de espiga a medida que aumentava-se a população de plantas.

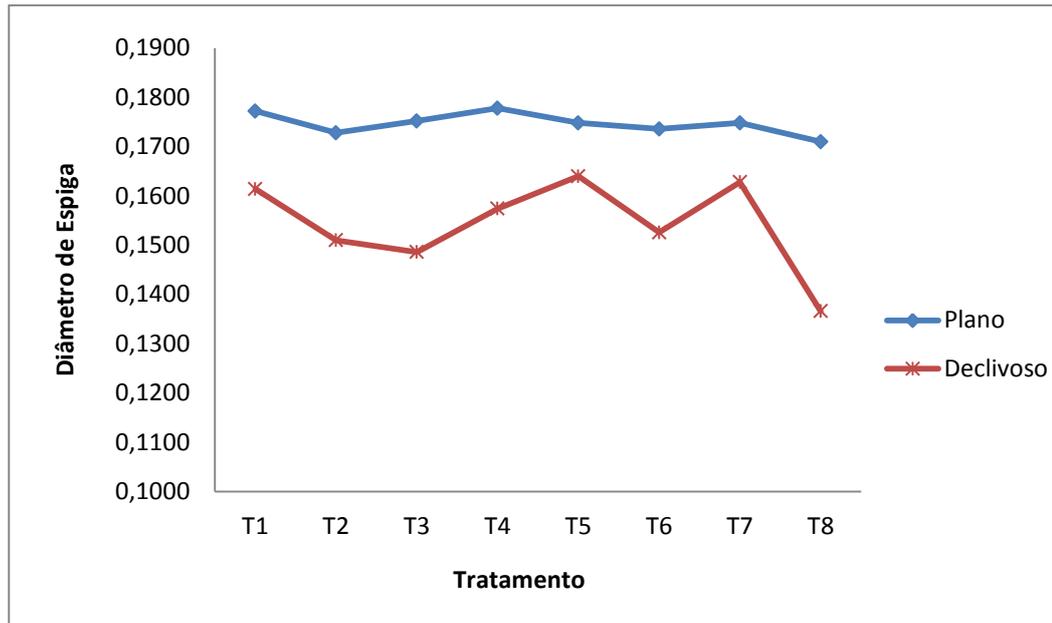


Figura 15 - Relação entre diâmetro de espiga (m) e tratamentos.

4.5 Diâmetro de colmo

Para o diâmetro de colmo, observa-se que em média, os híbridos situados na zona de manejo plana apresentaram maiores diâmetro de colmo. Isso se explica devido a incidência de uma maior remobilização das reservas nutricionais acumuladas no colmo para a espiga e, portanto, maior rendimento de grãos (BELEZE et. al., 2003; SANGOI et al., 2001). Rajcan e Tollenar (1999) expõe que isso ocorre porque colmos são composições modeladoras de elevado valor para o rendimento de grãos e isso é evidenciado, principalmente em casos onde as folhas passam por algum fenômeno que de alguma forma prejudica a planta do milho na fase reprodutiva.

Os valores médios de diâmetro do colmo (Tabela 7), se mostraram diferir entre as 2 zonas de manejo, bem como, as maiores médias se apresentaram nas menores populações em ambos os casos. Devido as altas populações, as plantas respondem com um desenvolvimento mais acelerado a fim de impedir o sombreamento e elevar sua oportunidade de crescer acima do dossel, o que, porém, sacrifica o desenvolvimento do diâmetro do colmo e área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 7 - Valores médios de diâmetro de colmo para as diferentes densidades.

Zona de Manejo	Tratamento	População (população.ha ⁻¹)	Diâmetro de colmo	CV(%)
Plana	1	70.000	0,015	5,30
Declivosa	1	70.000	0,016	3,34
Plana	2	85.000	0,014	8,16
Declivosa	2	85.000	0,013	11,57
Plana	3	95.000	0,014	6,13
Declivosa	3	95.000	0,012	6,54
Plana	4	100.000	0,014	8,16
Declivosa	4	100.000	0,014	6,13
Plana	5	105.000	0,013	5,05
Declivosa	5	105.000	0,014	13,0
Plana	6	111.000	0,015	23,68
Declivosa	6	111.000	0,012	1,91
Plana	7	120.000	0,012	12,23
Declivosa	7	120.000	0,014	7,81
Plana	8	151.000	0,011	8,33
Declivosa	8	151.000	0,011	3,79

**Fator A mostrou-se significativo a 5% teste de Tukey

Estatisticamente esta foi a única variável testada que apresentou diferença significativa a interação, isto é, o diâmetro de colmo são diferentes de acordo com a densidade e relevo (Figura 16). Independente da população de plantas, o diâmetro de colmo foi maior no T1 em ambas as zonas de manejo. Este fato pode ser explicado pela menor interceptação da radiação solar pelo dossel da cultura nas maiores populações (SHARRAT; MCWILLIANS, 2005), aumentando a competição intraespecífica por luz e água, favorecendo a dominância apical, o estiolamento das plantas e a redução do diâmetro de colmo.

Entretanto de modo geral, em altas populações, as plantas alocam seus recursos para um crescimento mais rápido afim de evitar o sombreamento, aumentando suas chances de crescer acima do dossel, porém sacrificando o diâmetro de colmo a área foliar. O efeito do estiolamento é confirmado por Ballaré e Cassal (2000), decorrente das alterações na quantidade e qualidade da radiação solar incidente em ambientes de alta competição intra-específica.

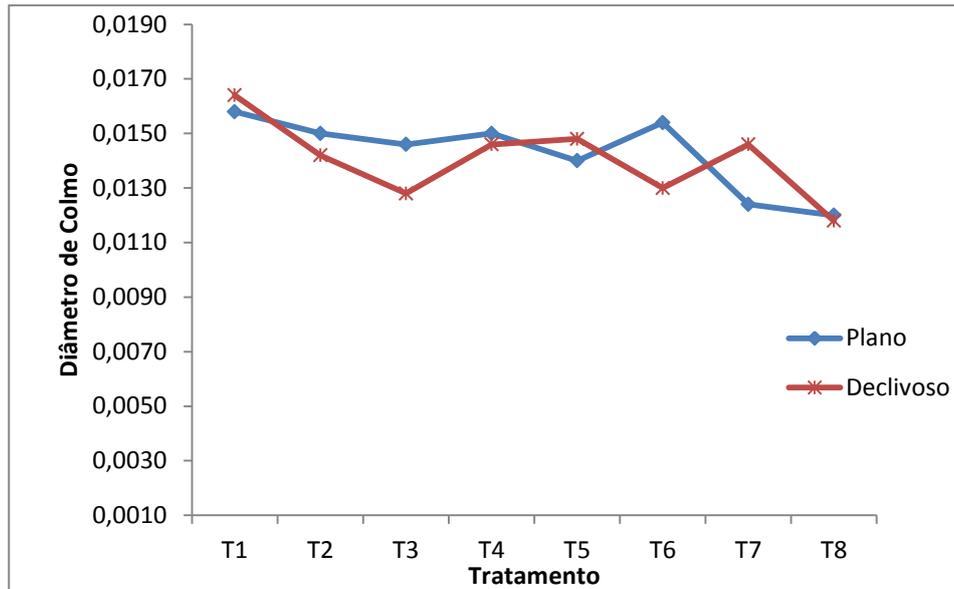


Figura 16 - Relação entre diâmetro de colmo (m) e tratamentos.

Como a interação foi significativa (tabela3), estudou-se a densidade dentro dos níveis dos relevos e mostrou-se, assim, novamente que nenhuma equação de grau até o terceiro explica os dados satisfatoriamente.

4.6 Produtividade em grãos

O fato de um tratamento em determinada zona de manejo ser nomeado como de baixo rendimento, pode estar vinculado a uma série de atributos do solo em questão, como um maior índice de compactação, menor taxa de infiltração de água no solo, maior declividade e menor teor de matéria orgânica do solo. Essas características distintas, é que demandam a procura da população ideal, propondo-se assim em reduzir a concorrência intraespecífica na cultura do milho.

A tabela 8, nos mostra a média de sacos produzidos em cada tratamento em suas respectivas zonas. Nota-se uma diferença significativa em termos de produtividade da zona de relevo plana em relação a de relevoso declivoso.

Observou-se que na zona de manejo plana, que suspostamente possui condições de suportar maiores populações, pois esta menos sujeita a perdas

nutricionais e hídricas por meio da lixiviação reduzindo assim a competição intraespecífica, houve um acréscimo linear da produtividade até o tratamento 3 (95.000 plantas/ha), e que a partir desta densidade as populações não expressaram um rendimento significativo que permitisse comprovar a viabilidade econômica de acréscimo no número de plantas.

Já na zona de manejo declivosa, o trabalho mostrou que ocorre um decréscimo expressivo da produtividade a uma população acima de 100.000 plantas/ha, e que o tratamento 3 se mostrou como o mais eficiente em termos de produtividade dos testes apresentados. Resultados como esses, evidenciam estudos feitos nos Estados Unidos da América (Butzen & Guzenhauser, 2010), no qual citam que normalmente solos de menores capacidades produtivas, apresentam resultados melhores com populações de plantas inferiores.

Tabela 8 - Valores médios da produtividade para os diferentes tratamentos.

Zona de Manejo	Tratamento	População (população.ha ⁻¹)	Produtividade (sc/ha)	Produtividade (kg/ha)
Plana	1	70.000	177,85	10.761
Declivosa	1	70.000	123,31	7.399
Plana	2	85.000	193,51	11.611
Declivosa	2	85.000	136,63	8.198
Plana	3	95.000	224,50	13.468
Declivosa	3	95.000	148,53	8.912
Plana	4	100.000	223	13.379
Declivosa	4	100.000	147,53	8.852
Plana	5	105.000	221,05	13.263
Declivosa	5	105.000	115,73	6.944
Plana	6	111.000	217,41	13.045
Declivosa	6	111.000	119,86	7.192
Plana	7	120.000	227,03	13.622
Declivosa	7	120.000	110,55	6.633
Plana	8	151.000	226,90	13.614
Declivosa	8	151.000	112,56	6.754

O objetivo de procurar buscar qual seria a população ideal, tanto para uma zona de manejo plana como declivosa, possibilitou perceber que existe acréscimo na produtividade quando comparada a populações médias usuais do produtor rural

no campo. Na Figura 17, observa-se a produtividade do milho nas diferentes populações avaliadas para as duas zonas de manejo em questão.

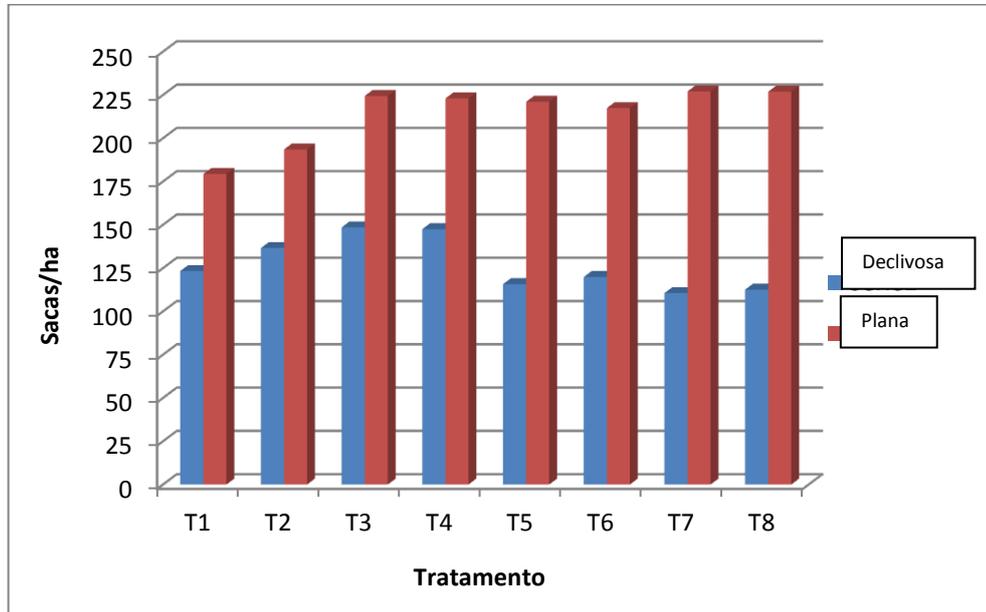


Figura 17 - Relação entre produtividade (sc/ha) e tratamentos.

Estes resultados sugerem que o ajuste das populações nas zonas de manejo é uma estratégia eficiente de melhor utilização dos recursos como: água disponível, nutrientes e luminosidade. Percebe-se, que o rendimento em grãos é fortemente influenciado pela densidade de plantas, onde os maiores números foram atingidos com populações superiores a 85.000 plantas/ha. Assim, dependendo do material e das condições do meio, a elevação da população, torna-se uma estratégia importante para o aumento de produtividade, em contrapartida em terrenos declivosos o aumento da população de plantas pode decorrer em significativas perdas de rendimento.

5 CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos resultados obtidos e para as condições que o trabalho foi realizado, pode-se concluir que a metodologia proposta até então foi capaz de:

- A) Evidenciar que a produtividade é significativamente influenciada pela população de plantas, onde as maiores produtividades do híbrido P1630 são alcançadas com densidades acima de 85.000 plantas/ha, desta forma, dependendo do híbrido, relevo e condições do meio, o uso de densidades maiores, pode-se tornar uma prática que possibilita aumento de produtividade via incremento populacional.
- B) Mostrar que existe diferença significativa no diâmetro de colmo na avaliação entre diferentes relevos.
- C) Dentro de uma mesma zona de manejo (declivoso ou plano) houve diferença significativa nos objetivos específicos, com exceção do diâmetro de colmo.
- D) A variação de população de plantas, torna-se um alternativa para incremento de produtividade, em especial a produtores que possuam topografias diferentes dentro de uma mesma área.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base na proposta e nos resultados obtidos neste trabalho, recomenda-se novas pesquisas na área, buscando-se obter também respostas com:

- Realizar o trabalho de pesquisa, utilizando-se de mais híbridos comerciais do mercado;
- Realizar não só a variação da população de plantas, como também, a variação da adubação do solo simultaneamente ao momento de plantio, o que pode influenciar significativamente na produtividade da cultura;
- Estudar a relação de número de espigas de milho por planta, levando em conta as diferentes populações;
- Analisar o número de grãos por fileira e fileira por espiga na planta do milho;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F.H Analysis of growth and yield os maize, sunflower and soyben grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, v. 41, p.1-12, 1995).
- ANES VIOLA, E. Considerações sobre a cultura do milho. Rev. **IPAGRO Informa**, Porto Alegre, v. 23, p. 3-8, 1980.
- ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF,v. 36, n 1, p. 71-78, 2001b.
- BALLARÉ CL; CASSAL. 2000. Plant photomorphogenesis in canopies, crop growth, and yield. *Horticultural Science* 30: 1172-1181.
- BALBINOT FILHO, 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. 35, n. 1, p. 245-252, 2005.
- BELEZE, J, R. F. et al. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays, L.*) em diferentes estádios de maturação: 1., produtividade, características morfológicas e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.3, p.529-537, maio/jun. 2003.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.243-249. 2006.
- BERGONCI, J.I. Diferença de temperatura dossel-ar como um indicador de déficit hídrico em milho. Santa Maria, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7 n. 1, p. 5-11, 1999.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H. Ecofisiologia do milho. In: CONGRESSO ESTADUAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis, 2002. **Anais**, Florianópolis: ABMS, 2002.
- BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. **Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência – pendoamento e emergência – espigamento de 3 cultivares de milho**. In: REUNIÃO TÉCNICA DE MILHO E SORGO, 21., Porto Alegre, 1976. **Resumos**. Porto Alegre: UFRGS, 1976. p. 26.
- BORGUI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. **Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com Brachiaria brizantha em sistema plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 02, p. 163-171, 2007.
- BUTZEN, S. & GUNZENHAUSER, B. Putting variable-rate seeding to work on your farm. *Crop Insights* Vol. 19, No 15, 2010.
- CARNEIRO, G. E. S.; GERAGE, A. C. Densidade de semeadura. In: FIAPAR. **A cultura do milho do Paraná**. Londrina, 1991. p. 63-70.

COELHO, A. M. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 101, p. 1-10, mar. 2003. Encarte Técnico.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: quarto levantamento, janeiro/2012. Brasília, 2012. p. 28-30 Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_01_10_10_53_02_boletim_graos_3o_levantamento.pdf>. Acesso em: 01 de jun. 2013, 19:21:18.

DOBERMANN A. **A semeadura e as raízes**. Passo Fundo: Revista Plantio Direto, setembro/outubro de 2006.

DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L.; LOPES, P. P. MILHO: população e distribuição de plantas. In FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (org.). **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 120-125.

DOURADO NETO, D. D. et al. **Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2012. **Statistical Yearbook**. Disponível em https://www.fao.org.br/download/OECDFAO_AgriculturalOutlook20102019.pdf.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba; Porto Alegre: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A.L. **Plantas Alimentícias**: guia para estudos e discussão. Piracicaba: CALQ, 1986. 131p.

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

FURTADO. M. B. F. **Sistemas de preparo do solo e populações de plantas em espaçamentos reduzido: comportamento de cultivares de milho (*Zea mays* L.)**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

GASSEN, D. **A semeadura e as raízes**. Passo Fundo: Revista Plantio Direto, setembro/outubro de 2006.

GALINAT, W.C. The origin of maize: grain of humanity. New York: **New York Botanical Garden Journal**, v. 44, p.3-12, 1995.

GROSS, M. R. **Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento de fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto**. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

GOODMAN, M. M.; SMITH, J. S. C. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1980.

KINIRY, J.R Maize physics development. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. **Modeling plant and soil systems**. Madisson; ASA, CSSA, SSSA, 1991. P. 55-71. (Agronomy Monographs, 31).

KUNZ, R. P. **Influência do arranjo de plantas e da população em características agrônômicas e produtividade do milho**. 2005, 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

LENZI, E. A. **População e distribuição espacial de plantas em cultura de milho (*Zea mays* L.)**. 1992. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção de milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: EMBRAPA, SPI. 1993. P. 85-92.

MATEUS, G. P. et al. Produção de forragem de milho consorciado com *Brachiária brizantha* em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. I CD-ROM.

MATZENAUER, R. Teste de um modelo de estimativa do espigamento do milho com base na temperatura do ar. **Agronomia Sulriograndense**, v.22, p. 243-259. 1986.

MONTGOMERY, P.C. **Design and analysis of experiments**. New York: John Wiley, 1997. 418p.

MATZENAUER, R. Caracterização fenológica de cultivares de milho em avaliação no Estado do Rio Grande do Sul. In: **Anais** da Reunião Técnica Anual do Milho, 42 e Reunião Técnica do Sorgo, 25, 1997, Erechim. 1997, p.334-341.

MATZENAUER, R. **Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul**. 1994. 172p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MORIZET, J.; TOGOLA, D. Effect et arrière-effect de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotypes de maïs. In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE, 1984, Versailles. **Les besoins en eau des cultures**. Paris: INRA, 1984. p.351-360.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989. 442p.

RAJCAN, I.; TOLLENAAR, M. Source: sink ratio and leaf senescence in maize: I., dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research, Amsterdam**, v.60, n, 3, p. 245-253, Feb. 1999.

ROLAS. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul: UFGRS, 2004. 400p. Rede Oficial

RITCHIE, J.T.; D.S.; NESMITH, Temperature and Crop Development. In: **Modeling Plant and Soil Systems**. Hanks and Ritchie (Eds.). ASA, CSSSA, SSSA, Madison, WI. 1993. 289p.

SANGOI, I.; ENDER, M. & GUIDOLIN, H. F. Incremento da densidade de plantas, uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação de crescimento. *R. Rural*, 30:23-29, 2000.

SANGOI L. 2001. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural* 31: 159-168. SANGOI, L. Híbridos contemporâneos são mais exigentes em população de plantas para maximizarem o rendimento de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., Florianópolis.2003.

SANTOS, P. G. et al. Avaliação do desempenho agrônômico de híbridos de milho em Uberlândia, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 597-602, 2002.

SCHUSSLER, R.J.; WESTGATE, M.E. Maize kernel set at low potential: I. Sensivity to reduced assimilates during early kernel growth. **Crop Science**, v.31, p.1189-1195, 1991a.

SHARRAT, B. S.; McWILLIANS, D. A. Microclimatic and rooting characteristics of narrow row versus conventional row corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, p. 1129-1135, 2005.

SILVA, A. G. et al. **Influencia da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agrônômicos do híbrido de milho P30K75 em Rio Verde, Goiás**. Bioscience jornal, v. 24, n. 2, p. 89-96, 2008.

SULZBACH, L.A.S. **Tecnologia de Agricultura de Precisão: estudo de caso: Integração de modelos digitais de atributos químicos do solo e modelos digitais de produtividade de culturas agrícolas**. 2003. 165f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

PEIXOTO, C. M. **O milho no Brasil, sua importância e evolução**. São Paulo. Artigo DuPont Pionner, 2014.

POSSAMAI, J. M. et al. **Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha**. *Bragantia*, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003, 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PAULO, E. M.; ANDRADE, J. A. da C. Comportamento de um milho híbrido hiperprecoce em dois espaçamentos e diferentes populações de plantas. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 12, n. 1, p. 77-88, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEASDALE, J. R. Influence of narrow row/high population corn (*Zea mays*) on weed control and light transmittance. **Weed Technology**, Champaign, v.9, n.1, p.113-118, 1995.

TORINO, M.C.; KLINGENSTEINER, P. Ensaio e avaliação de semeadoras-adubadoras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., Rio de Janeiro, 1983. **Anais**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 1983. V.2, p. 103-116.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO Jr., M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. **Estimativa de graus-dias acumulados acima de qualquer temperatura base , em função da temperatura máxima e mínima**. São Paulo : USP, Instituto de Geografia, 1972. 8p (Caderno de Ciência da Terra).

ANEXOS

ANEXO A – Análise de altura de planta.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2014) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG - Atualiz.01/04/2014

=====

Arquivo ANALISEALTURAPLANTA.TXT

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	1	2.30521	2.30521	395.5367 **
Fator2(F2)	7	0.21795	0.03114	5.3423 --
Int. F1xF2	7	0.04736	0.00677	1.1610 ns
Tratamentos	15	2.57051	0.17137	29.4040 **
Resíduo	64	0.37299	0.00583	
Total	79	2.94351		

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
1	64	7.0488	395.5367	<0.001
7	64	2.1565	1.161	0.3376
15	64	2.3322	29.404	<0.001
1	64	7.0488	11.4584	0.0012

1	64	7.0488	7.3618	0.0086
1	64	3.9911	6.7355	0.0117
1	64	7.0488	8.8691	0.0041
1	64	0.001	0.014918	>0.050
2	64	3.1406	2.9562	0.0592

Fator 1 = Relevo

Fator 2 = Densidade de planta

MÉDIAS E MEDIDAS

Foi posto que o Fator2 tem tratamentos quantitativos
Então, o teste de comparação de médias não se aplica
Nesse caso, o Assistat faz regressão polinomial, mas
só se o número de tratamentos for maior ou igual a 4

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg.linear	1	0.06678	0.06678	11.4584 **
Reg.quadra	1	0.04290	0.04290	7.3618 **
Reg.cúbica	1	0.03925	0.03925	6.7355 *
Reg.4ºgrau	1	0.05169	0.05169	8.8691 **
Reg.5ºgrau	1	0.00009	0.00009	0.0149 ns
Desvios...	2	0.01723	0.00861	2.9562 ns

Total	7	0.21795	GL-resíduo=64
-------	---	---------	---------------

Eq. de regressão: $y = a + b.x + c.x^2 + d.x^3 + e.x^4 + f.x^5$

x = Tratamentos do fator 2 y = Médias dos trats. do fator 2

$$\begin{aligned}
 a &= 33.51497448 \\
 b &= - 0.00125409 \\
 c &= 0.00000002
 \end{aligned}$$

d = - 0.00000000
 e = 0.00000000
 f = 0.00000000

Coeficiente de correlação: r = 0.98719055

Coeficiente de determinação: R² = 0.97454518

Outras equações no arquivo OutrasEqs.txt na pasta do Assistat

Médias do fator 1

 1 2.17018 a
 2 1.83068 b

 dms = 0.03411

Médias do fator 2

 1 1.97120
 2 1.89190
 3 1.98940
 4 2.01150
 5 2.06980
 6 2.06440
 7 2.00130
 8 2.00390

MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2 (AxB)

 B
 A -----
 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7

A1	2.1166	2.1040	2.1780	2.1914	2.2538	2.2260	2.1342
A2	1.8258	1.6798	1.8008	1.8316	1.8858	1.9028	1.8684

Continuação

Fator 1 x Fator 2 (AxB)

B

A -----

B8

A1 2.1574

A2 1.8504

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o F de interação não foi significativo

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Ponto médio = 1.99000

ANEXO B – Análise de comprimento de espiga.

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2014) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG - Atualiz.01/04/2014

=====

Arquivo ANALISECOMPRIMENTOESPIGA.TXT

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	1	0.02635	0.02635	70.5484 **
Fator2(F2)	7	0.00995	0.00142	3.8067 --
Int. F1xF2	7	0.00316	0.00045	1.2084 ns
Tratamentos	15	0.03947	0.00263	7.0436 **
Resíduo	64	0.02391	0.00037	
Total	79	0.06338		

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
1	64	7.0488	70.5484	<0.001
7	64	2.1565	1.2084	0.3112
15	64	2.3322	7.0436	<0.001
1	64	3.9911	6.9204	0.0107

1	64	0.001	0.736805	>0.050
1	64	3.9911	1.3271	0.2535
1	64	3.9911	4.4056	0.0398
1	64	3.9911	2.5666	0.1139
2	64	4.9535	10.6901	<0.001

Fator 1 = RELEVO

Fator 2 = DENSIDADE DE PLANTAS

MÉDIAS E MEDIDAS

Foi posto que o Fator2 tem tratamentos quantitativos
Então, o teste de comparação de médias não se aplica
Nesse caso, o Assistat faz regressão polinomial, mas
só se o número de tratamentos for maior ou igual a 4

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg.linear	1	0.00259	0.00259	6.9204 *
Reg.quadra	1	0.00028	0.00028	0.7368 ns
Reg.cúbica	1	0.00050	0.00050	1.3271 ns
Reg.4ºgrau	1	0.00165	0.00165	4.4056 *
Reg.5ºgrau	1	0.00096	0.00096	2.5666 ns
Desvios...	2	0.00399	0.00200	10.6901 **

Total	7	0.00995	GL-resíduo=64
-------	---	---------	---------------

Eq. de regressão: $y = a + b.x + c.x^2 + d.x^3 + e.x^4 + f.x^5$

x = Tratamentos do fator 2 y = Médias dos trats. do fator 2

a = 3.20756716

b = - 0.00012011

c = 0.00000000

d = - 0.00000000

e = 0.00000000
f = 0.00000000

Coefficiente de correlação: r = 0.65176226

Coefficiente de determinação: R² = 0.42479404

Outras equações no arquivo OutrasEqs.txt na pasta do Assistat

Médias do fator 1

1 0.17525 a

2 0.13895 b

dms = 0.00864

Médias do fator 2

1 0.17010

2 0.15460

3 0.14890

4 0.18020

5 0.15420

6 0.15230

7 0.15220

8 0.14430

MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2 (AxB)

		B						
A	-----							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	

A1	0.1884	0.1724	0.1680	0.1838	0.1702	0.1742	0.1742
A2	0.1518	0.1368	0.1298	0.1766	0.1382	0.1304	0.1302

Continuação

Fator 1 x Fator 2 (AxB)

B

A -----

B8

A1 0.1708

A2 0.1178

Não foi aplicado o teste de comparação de médias
por que o F de interação não foi significativo

As médias seguidas pela mesma letra não diferem
estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste
de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.15710

Ponto médio = 0.18950

ANEXO C – Análise de diâmetro de colmo

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2014) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG - Atualiz.01/04/2014

=====

Arquivo ANALISEDIAMETRODECOLMO.TXT

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	1	0.00000	0.00000	0.6390 ns
Fator2(F2)	7	0.00010	0.00001	7.4340 --
Int. F1xF2	7	0.00004	0.00001	2.7713 *
Tratamentos	15	0.00014	0.00001	4.8051 **
Resíduo	64	0.00013	0.00000	
Total	79	0.00027		

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
1	64	0.001	0.638978	>0.050
7	64	2.1565	2.7713	0.014
15	64	2.3322	4.8051	<0.001
1	64	7.0488	34.7616	<0.001

1	64	0.001	0.954207	>0.050
1	64	7.0488	13.2915	<0.001
1	64	0.001	0.796979	>0.050
1	64	0.001	0.005992	>0.050
2	64	3.1406	2.2281	0.116

Fator 1 = RELEVO

Fator 2 = DENSIDADE DE PLANTAS

MÉDIAS E MEDIDAS

Foi posto que o Fator2 tem tratamentos quantitativos
Então, o teste de comparação de médias não se aplica
Nesse caso, o Assistat faz regressão polinomial, mas
só se o número de tratamentos for maior ou igual a 4

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg.linear	1	0.00007	0.00007	34.7616 **
Reg.quadra	1	0.00000	0.00000	0.9542 ns
Reg.cúbica	1	0.00003	0.00003	13.2915 **
Reg.4ºgrau	1	0.00000	0.00000	0.7970 ns
Reg.5ºgrau	1	0.00000	0.00000	0.0060 ns
Desvios...	2	0.00000	0.00000	2.2281 ns

Total	7	0.00010	GL-resíduo=64
-------	---	---------	---------------

Eq. de regressão: $y = a + b.x + c.x^2 + d.x^3 + e.x^4 + f.x^5$

x = Tratamentos do fator 2 y = Médias dos trats. do fator 2

a = 0.04503097

b = - 0.00000082

c = 0.00000000

d = - 0.00000000

e = 0.00000000
 f = 0.00000000

Coeficiente de correlação: r = 0.94836518

Coeficiente de determinação: R² = 0.89939651

Outras equações no arquivo OutrasEqs.txt na pasta do Assistat

Médias do fator 1

1 0.01428 a

2 0.01403 a

dms = 0.00063

Médias do fator 2

1 0.01610

2 0.01460

3 0.01370

4 0.01480

5 0.01440

6 0.01420

7 0.01350

8 0.01190

MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2 (AxB)

		B					
A	-----						
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	

 A1 0.0158 a 0.0150 a 0.0146 a 0.0150 a 0.0140 a 0.0154 a
 A2 0.0164 a 0.0142 a 0.0128 b 0.0146 a 0.0148 a 0.0130 b

Continuação

Fator 1 x Fator 2 (AxB)

 B
 A -----
 B7 B8

A1 0.0124 b 0.0120 a
 A2 0.0146 a 0.0118 a

dms para colunas = 0.0018 Classific.c/letras minúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.01415

Ponto médio = 0.01550

ANEXO D – Análise de diâmetro de espiga

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2014) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG - Atualiz.01/04/2014

=====

Arquivo ANALISEDIAMETROESPIGACERTA.TXT

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	1	0.00828	0.00828	153.9668 **
Fator2(F2)	7	0.00205	0.00029	5.4471 --
Int. F1xF2	7	0.00105	0.00015	2.7925 *
Tratamentos	15	0.01139	0.00076	14.1096 **
Resíduo	64	0.00344	0.00005	
Total	79	0.01483		

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
1	64	7.0488	153.9668	<0.001
7	64	2.1565	2.7925	0.0134
15	64	2.3322	14.1096	<0.001
1	64	3.9911	5.2072	0.0258

1	64	3.9911	5.0565	0.028
1	64	7.0488	17.3124	<0.001
1	64	0.001	0.128062	>0.050
1	64	3.9911	4.1122	0.0467
2	64	4.9535	6.3135	0.0031

Fator 1 = RELEVO

Fator 2 = DENSIDADE DE PLANTAS

MÉDIAS E MEDIDAS

Foi posto que o Fator2 tem tratamentos quantitativos
Então, o teste de comparação de médias não se aplica
Nesse caso, o Assistat faz regressão polinomial, mas
só se o número de tratamentos for maior ou igual a 4

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg.linear	1	0.00028	0.00028	5.2072 *
Reg.quadra	1	0.00027	0.00027	5.0565 *
Reg.cúbica	1	0.00093	0.00093	17.3124 **
Reg.4ºgrau	1	0.00001	0.00001	0.1281 ns
Reg.5ºgrau	1	0.00022	0.00022	4.1122 *
Desvios...	2	0.00034	0.00017	6.3135 **

Total	7	0.00205	GL-resíduo=64
-------	---	---------	---------------

Eq. de regressão: $y = a + b.x + c.x^2 + d.x^3 + e.x^4 + f.x^5$

x = Tratamentos do fator 2 y = Médias dos trats. do fator 2

a = 7.79594669

b = - 0.00037321

c = 0.00000001

d = - 0.00000000

 A1 0.1772 a 0.1728 a 0.1752 a 0.1778 a 0.1748 a 0.1736 a
 A2 0.1614 b 0.1510 b 0.1486 b 0.1574 b 0.1640 b 0.1526 b

Continuação

Fator 1 x Fator 2 (AxB)

 B
 A -----
 B7 B8

A1 0.1748 a 0.1710 a
 A2 0.1628 b 0.1366 b

dms para colunas = 0.0093 Classific.c/letras minúsculas

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.16448

Ponto médio = 0.15750

ANEXO E – Análise de inserção da 1° espiga

=====

ASSISTAT Versão 7.7 beta (2014) - Homepage <http://www.assistat.com>

Por Francisco de A. S. e Silva DEAG-CTRN-UFCG - Atualiz.01/04/2014

=====

Arquivo ANALISEINSERCAO1ESPIGA.TXT

EXPERIMENTO FATORIAL

QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Fator1(F1)	1	0.88873	0.88873	246.6078 **
Fator2(F2)	7	0.13926	0.01989	5.5202 --
Int. F1xF2	7	0.02805	0.00401	1.1119 ns
Tratamentos	15	1.05604	0.07040	19.5355 **
Resíduo	64	0.23065	0.00360	
Total	79	1.28668		

-- Os tratamentos são quantitativos. O Teste F não se aplica

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

GL	GLR	F-crit	F	p
1	64	7.0488	246.6078	<0.001
7	64	2.1565	1.1119	0.3667
15	64	2.3322	19.5355	<0.001

1	64	7.0488	27.3409	<0.001
1	64	0.001	0.629341	>0.050
1	64	3.9911	4.6957	0.034
1	64	0.001	0.169185	>0.050
1	64	3.9911	2.8245	0.0976
2	64	3.1406	2.982	0.0578

Fator 1 = RELEVO

Fator 2 = DENSIDADE DE PLANTAS

MÉDIAS E MEDIDAS

Foi posto que o Fator2 tem tratamentos quantitativos
Então, o teste de comparação de médias não se aplica
Nesse caso, o Assistat faz regressão polinomial, mas
só se o número de tratamentos for maior ou igual a 4

REGRESSÃO POLINOMIAL PARA O FATOR 2

Reg.linear	1	0.09853	0.09853	27.3409 **
Reg.quadra	1	0.00227	0.00227	0.6293 ns
Reg.cúbica	1	0.01692	0.01692	4.6957 *
Reg.4ºgrau	1	0.00061	0.00061	0.1692 ns
Reg.5ºgrau	1	0.01018	0.01018	2.8245 ns
Desvios...	2	0.01075	0.00537	2.9820 ns

Total	7	0.13926	GL-resíduo=64
-------	---	---------	---------------

Eq. de regressão: $y = a + b.x + c.x^2 + d.x^3 + e.x^4 + f.x^5$

x = Tratamentos do fator 2 y = Médias dos trats. do fator 2

a = 3.04671635

b = - 0.00007399

c = 0.00000000

d = - 0.00000000
 e = 0.00000000
 f = 0.00000000

Coeficiente de correlação: r = 0.94560585

Coeficiente de determinação: R² = 0.89417042

Outras equações no arquivo OutrasEqs.txt na pasta do Assistat

Médias do fator 1

 1 0.76928 a
 2 0.55848 b

 dms = 0.02683

Médias do fator 2

 1 0.64500
 2 0.58500
 3 0.64630
 4 0.64920
 5 0.65270
 6 0.70840
 7 0.71700
 8 0.70740

MÉDIAS DE INTERAÇÃO

Fator 1 x Fator 2 (AxB)

 B
 A -----

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
A1	0.7352	0.6980	0.7384	0.7656	0.7324	0.7992	0.8540
A2	0.5548	0.4720	0.5542	0.5328	0.5730	0.6176	0.5800

Continuação
Fator 1 x Fator 2 (AxB)

B

A -----

B8

A1 0.8314

A2 0.5834

Não foi aplicado o teste de comparação de médias
por que o F de interação não foi significativo

As médias seguidas pela mesma letra não diferem
estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste
de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

MG = 0.66388

Ponto médio = 0.69150