

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO – UNIFENAS  
JULIANO CÉZAR SASSERON

**MODELOS MATEMÁTICOS PARA PREVISÃO DA PRODUTIVIDADE DO  
MILHO EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO**

ALFENAS – MG

2012

UNIVERSIDADE JOSÉ DO ROSÁRIO VELLANO – UNIFENAS

JULIANO CÉZAR SASSERON

**MODELOS MATEMÁTICOS PARA PREVISÃO DA PRODUTIVIDADE DO  
MILHO EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO**

Dissertação apresentada à Universidade José do Rosário Vellano – UNIFENAS como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária.

Orientador: Prof. Dr. José Messias Miranda

ALFENAS – MG

2012

Sasseron, Juliano César

Modelos matemáticos para previsão da produtividade do milho em dois sistemas de cultivo /.—Juliano César Sasseron.—Alfenas, 2012.

33f.

Orientador : Prof. Dr José Messias Miranda

Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária)— Universidade José do Rosário Vellano.

1. *Zea mays* 2. Estimativa de produção 3. Espaçamento

I. Título

CDU: 633.15(043)



# Certificado de Aprovação

**TÍTULO:** "MODELOS MATEMÁTICOS PARA PREVISÃO DA PRODUTIVIDADE DO MILHO EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO".

**AUTOR:** JULIANO CEZAR SASSERON

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. José Messias Miranda

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **Mestre Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária** pela Comissão Examinadora.

  
Prof. Dr. José Messias Miranda

  
Profa. Dra. Patricia de Oliveira Alvim Veiga

  
Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Alfenas, 12 de Abril de 2013.

  
Prof. Dr. José Messias Miranda  
Coordenador do Mestrado Profissional  
Sistemas de produção na Agropecuária

*Aos que respeitam a natureza,*

**OFEREÇO**

*Aos que buscam melhorias no setor agropecuário,*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Às pessoas mais importantes da minha vida, pois sou o que sou graças a elas. Wânia e Francisco, meus pais, meus exemplos. Giselle, Letícia e Cristiano, meus irmãos, meus amigos. Amanda, meu amor, meu alicerce.

Ao meu orientador, José Messias, pela dedicação, conselhos e paciência.

Aos meus colegas da Unifenas.

Aos funcionários da Fazenda São Pedro do Universo.

A todos meus companheiros, de perto e de longe, mas que sempre torceram por mim e que se alegram nas minhas conquistas.

E, por fim, a todos que de uma forma ou de outra colaboraram para mais uma conquista na minha vida.

## RESUMO

Com objetivo de avaliar o melhor modelo de previsão de safra (colheita de 10 metros lineares, amostragem de espiga, densidade de grãos por espiga) e o efeito do espaçamento entre linhas de plantio (0,50 e 0,80 m), sobre a produtividade de grãos de milho (*Zea mays* L.) em um mesmo ambiente, foram conduzidos experimentos de campo no município de Carmo do Rio Claro, no sul do estado de Minas Gerais no período de 14 de agosto de 2011 a 06 de março de 2012. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em faixas com fatorial 3x2. Foi avaliada a produtividade estimada em cada modelo. Houve diferença entre os métodos de previsão, sendo que os mais próximos da produção real foram obtidos através da colheita de 10 metros lineares e pela amostragem de espiga. Também houve efeito do espaçamento entre linhas, obtendo o máximo rendimento de grãos com o espaçamento reduzido, ou seja, 0,50 m.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, estimativa de produção, espaçamento.

## ABSTRACT

In order to evaluate the best crop estimation model (harvest of 10 linear meters, ear sampling, density of grains per ear) and the spacing effect between the planting line (0.50 and 0.80 m) on the productivity of maize grain (*Zea mays* L.) in a same environment, field experiments were conducted in the municipality of Carmo do Rio Claro, in the southern State of Minas Gerais, from August 14<sup>th</sup>, 2011 to March 6<sup>th</sup>, 2012. The outlining used was a randomized block banded with 3x2 factorial. We evaluated the estimated productivity in each model. There were differences between the estimation models, and the closest models to the actual production were obtained by harvesting 10 linear meters and by ear sampling. Also there was effect of spacing between lines, obtaining the maximum yield of grain with reduced spacing, i.e. 0.50 m.

**Keywords:** *Zea mays*, crop forecast, spacing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 – Valores mensais de Precipitação pluvial (mm) registradas durante o ciclo do milho ..... 31

GRÁFICO 2 – Valores mensais de temperatura (°C) registradas durante o ciclo do milho ..... 32

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Característica do híbrido de milho DKB330YG.....  | 27 |
| Tabela 2. Produtividade média, em quilogramas por hectare, estimada pelos modelos matemáticos em comparação com a produtividade real. Fazenda São Pedro do Universo, Carmo do Rio Claro, MG..... | 33 |
| Tabela 3. Coeficiente de correlação e grau de significância entre os modelos matemáticos de previsão da produtividade do milho grão, Fazenda São Pedro do Universo, MG.....                      | 34 |
| Tabela 4. Modelos matemáticos de previsão de safra e sistemas de plantio.....  | 35 |

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 12 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....   | 14 |
| 2.1 Aspectos gerais do milho.....  | 14 |
| 2.2 Elementos do clima e produtividade da cultura do milho .....         | 15 |
| 2.3 Espaçamento entre linhas .....                                       | 16 |
| 2.4 Modelagem na agricultura.....  | 19 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS.....  | 21 |
| 3.1 Localização e caracterização da área experimental .....              | 21 |
| 3.2 Instalação do Experimento .....                                      | 21 |
| 3.4 Modelos de previsão da produtividade de milho .....                  | 22 |
| 3.5 Análise estatística .....  | 23 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 24 |
| 4.1 Precipitação e temperatura média no transcorrer do experimento ..... | 24 |
| 4.2 Produtividade de grãos estimada .....                                | 26 |
| 5 CONCLUSÕES .....   | 30 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                       | 31 |

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de aproximadamente 60 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 14 milhões de hectares (CONAB, 2012).

Apesar de diversas pesquisas estarem sendo realizadas com a cultura do milho em grande parte do Brasil nos últimos anos, a falta de informação técnica para entender o impacto das condições climáticas no rendimento tem sido relatadas. Nesse sentido, os modelos de simulação são uma ferramenta bastante útil, podendo prever a variabilidade do rendimento devido as condições ambientais (GUNGULA et al., 2003).

Vários modelos de simulação de safra tem sido desenvolvidos a fim de auxiliar os produtores a melhor se organizarem. Um modelo simples e que se aproxima bastante da produção real é feito através dos componentes de produção da planta, exigindo a determinação da umidade e do peso médio dos grãos, espaçamento entre linhas e o número médio de espigas obtido em várias amostragens. Esse modelo vem sido utilizado em várias propriedades e apresenta excelentes resultados.

Outro modelo matemático bem simples é, também, baseado na coleta de espigas na pré-colheita sendo estimada a produtividade de grãos a partir da contagem do número de espigas, do número de fileiras de grãos e do número de grãos por fileira de cada espiga. Esse modelo é bastante utilizado nos Estados Unidos e já vem sendo adotado por alguns produtores no Brasil.

A grande vantagem desses dois modelos é a praticidade e eficácia que eles apresentam, diferenciando, assim, de modelos que exigem histórico climático.

É importante salientar que no Brasil a metodologia de predição de rendimento de milho é normalmente conduzida mediante formulários preenchidos pelos agricultores, e tem sido considerada uma metodologia com um certo grau de subjetividade e incerteza (FONTANA et al., 2000).

Entre as práticas e técnicas empregadas para obtenção de maior produção de milho, a escolha da densidade ideal de semeadura e do melhor arranjo de plantas na área estão entre as mais importantes (ALMEIDA et al., 2000). Segundo o autor, além do potencial produtivo dos híbridos, a população e arranjo de plantas na cultura do milho são um dos principais fatores que determinam a produtividade.

A redefinição do arranjo espacial de plantas pela diminuição do espaçamento entre fileiras pode ser uma excelente oportunidade para que o produtor aumente a sua rentabilidade

Recentemente, os diferentes arranjos espaciais, tem sido discutidos com maior frequência pela maior ou menor adaptação da cultura ao ambiente decorrente das variações morfológicas e genéticas apresentadas pelos híbridos atuais, como forma de maximizar a produtividade de grãos pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes, disponíveis num determinado agroecossistema (PALHARES, 2003).

Os objetivos na realização deste trabalho foram avaliar o melhor modelo matemático de previsão de safra, bem como o comportamento da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Aspectos gerais do milho**

Conforme Silva et al. (2006), os cereais são imprescindíveis para satisfazer a demanda por alimentos e outras necessidades dos seres humanos.

O milho é cultivado em todos os estados do Brasil e em quase todas as propriedades agrícolas, tanto na agricultura familiar quanto na de exportação e está presente na cadeia produtiva animal. É uma cultura de grande e diversificada utilização na sociedade moderna e um dos produtos agrícolas de mais ampla distribuição mundial, tanto na produção, quanto no consumo. Dentre as espécies originárias das Américas, o milho é, certamente, o de maior importância econômica e social no mundo. Em termos de área semeada e de produção de grãos, é o cereal de maior importância no Brasil (AGROLINE, 2008).

Conforme a Conab (2012), a estimativa da área plantada na safra 2011/2012 deve chegar a 14,694 milhões de hectares, numa variação positiva de 6,2% se comparado à última temporada, com produção esperada de 60,319 milhões de toneladas, numa variação positiva de 4,9% frente à temporada anterior.

O rendimento médio de grãos obtido com a cultura do milho no Brasil é considerado baixo, quando comparado ao de outros países produtores. Em 2012 a produtividade média foi por volta dos 70 sacos por hectare. Já nos Estados Unidos, por exemplo, a área cultivada durante a safra de 2012 foi de aproximadamente 39 milhões de hectares, colhendo um total de mais de 4 bilhões de sacos, o que representa uma média superior a 100 sacos por hectare (USDA, 2012). A agricultura sem tecnologia adequada e acompanhamento especializado contribui para a baixa produtividade no Brasil.

Conforme a Embrapa (2012), o avanço tecnológico proporcionado pelo desenvolvimento de híbridos com genética superior, passando por novas tecnologias, serviços e informações disponibilizadas e o profissionalismo dos agricultores na adoção de práticas de manejo que proporcionem maior nível de respostas e seguranças aos

híbridos comercializados, fizeram com que algumas regiões obtivessem média de produtividade igual e até superior a encontrada em países desenvolvidos.

Também de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, o milho é uma das espécies cujo desempenho é altamente influenciado pelas variações do ambiente, o que pode resultar em uma média de rendimento baixa e instabilidade, de região para região, de mês para mês e de ano para ano de plantio. Dessa forma, uma criteriosa análise da estabilidade do comportamento dos híbridos frente às flutuações ambientais é recomendável, buscando identificar aquelas específicas para determinados ambientes e aquelas que se comportam razoavelmente bem em diversos ambientes.

## **2.2 Elementos do clima e produtividade da cultura do milho**

A importância das condições climáticas na produtividade da cultura do milho é amplamente reconhecida por muitos pesquisadores (ROSENBERG et al., 1983; CRUZ et al., 1994; DOURADO NETO, 1999; FANCELLI & DOURADO NETO, 2001).

O milho, sendo uma planta de origem tropical, exige, durante seu ciclo vegetativo, calor e água para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando produtividades compensadoras. Independente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas em que a cultura é submetida constituem-se em preponderantes fatores de produção. A quantificação dos elementos do clima, portanto, pode ser utilizada no ajuste de modelos de simulação de desenvolvimento e crescimento de culturas, tornando-se um importante instrumento para pesquisa, planejamento e monitoramento de culturas (PATERNIANI, 1978).

A elevação da temperatura contribui para a redução da taxa fotossintética líquida em função do aumento da respiração, interferindo diretamente na produção. Assim, temperaturas elevadas prevaletentes no período noturno (superior a 24°C) promovem um consumo energético demasiado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda na produtividade da cultura do milho (DOURADO NETO, 1999). Em contrapartida, a maioria dos materiais (híbridos ou variedades cultivadas) existentes atualmente não se desenvolve

em temperaturas inferiores a 10°C, que é considerada a temperatura basal para a espécie (VIEIRA et al., 2010).

Os genótipos de milho são classificados comercialmente em normais, precoces e superprecoces, conforme suas exigências calóricas no período compreendido entre a emergência e o florescimento (fase vegetativa). Os genótipos normais apresentam exigências térmicas de 891 a 1200°C.dia, os precoces, de 831 a 890°C.dia, e os superprecoces, de 780 a 830°C.dia (EMBRAPA, 2011).

Segundo Loomis e Amthor (1999), a disponibilidade de água é o principal fator que afeta a escolha da densidade ótima de plantas. Quando há alta probabilidade de falta de umidade durante a floração da cultura, deve-se diminuir a densidade para que o solo possa suprir as plantas com suas reservas hídricas (BERGAMASCHI et al., 2004). Estandes adensados só devem ser recomendadas em regiões com alta precipitação pluvial ou sob irrigação e com alto nível de manejo, pois, conforme Queiroz et al. (2000), o incremento na densidade aumenta o índice de área foliar e, conseqüentemente, o consumo de água.

### **2.3 Espaçamento entre linhas**

A escolha do espaçamento entre linhas adequado é uma das práticas de manejo mais importantes para atingir alto rendimento de grãos de milho, pois afeta diretamente a interceptação de radiação solar, que é um dos principais fatores determinantes da produtividade (ARGENTA et al., 2001a).

A cultura do milho era tradicionalmente implantada no Brasil com espaçamentos entre linhas de 80 cm. Essa distância entre fileiras permitia o adequado funcionamento dos equipamentos necessários à semeadura, tratos culturais e colheita, independentemente do sistema de produção e do tipo de tração utilizado (SANGOI et al., 2000).

A redução na distância entre as linhas de plantio é uma forma de modificar o arranjo de plantas e interferir na eficácia de utilização dos recursos do meio. O interesse em cultivar o milho utilizando espaçamentos entre linhas reduzidos, 50 cm, têm crescido nos últimos anos. O desenvolvimento de híbridos tolerantes a altas densidades, o

aumento no número de herbicidas para o controle seletivo de plantas daninhas em pós-emergência e a maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados ao cultivo do milho com linhas mais próximas são fatores que favorecem o incremento na adoção desta prática cultural (SILVA et al., 1997).

As várias alternativas de combinações de espaçamentos e densidades de plantas podem ser definidas como “arranjo entre plantas”, ou seja, é a forma como as plantas estão distribuídas na área, no espaçamento entre linhas e na distribuição das plantas na linha. Teoricamente o melhor arranjo de plantas é aquele que proporciona uma distribuição mais uniforme das plantas na linha de semeadura, possibilitando melhor utilização da luz, água e nutrientes (RIZZARDI et al., 1994). Sangoi et al. (2001) também afirma que plantas espaçadas equidistantes umas das outras competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores de produção.

Com a redução do espaçamento entre linhas mantendo a mesma população por área, há maior espaçamento de plantas nas linhas e redução na competição entre plantas por água, luz e nutrientes e melhor aproveitamento dos nutrientes aplicados, portanto, aumenta a necessidade de adubação com nutriente de maior mobilidade no solo como nitrogênio e potássio (MARCHÃO et al., 2005).

A redução de espaçamento entre linhas pode ser adequada, devido à arquitetura das plantas dos híbridos modernos, que permitem a semeadura mais adensada, em virtude dos mesmos produzirem menor quantidade de massa, permitindo melhor aproveitamento de luz e água (ARGENTA, 2001b).

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2001), a planta de milho é considerada como sendo uma das mais eficientes na conversão de energia radiante e, conseqüentemente, na produção de biomassa, visto que uma semente pesa em média 260 mg, resulta em um período de tempo próximo de 140 dias cerca de 0,8 a 1,2 kg de biomassa por planta e 180 a 250 g de grãos por planta, multiplicando, aproximadamente, 1.000 vezes o peso da semente que a originou. Apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresses de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

O incremento na densidade de plantas é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar. Contudo, também pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e sua

eficiência de conversão dos fotoassimilados à produção de grãos, aumentando o intervalo entre o florescimento masculino e feminino e reduzindo o número de grãos por espiga (SANGOI et al., 2003).

Aumentos nos níveis de plantas por área provocam um maior sombreamento do solo, diminuindo a evaporação. Por outro lado, esse aumento da população provoca um aumento de área foliar, causando maior transpiração e, portanto maior consumo de água. Em condições de deficiência hídrica, esse aumento populacional pode causar prejuízos à produção, principalmente se ocorrer no período de florescimento (ARGENTA et al., 2000).

Entre as formas de manipulação do arranjo espacial, a densidade de plantas é a que tem maior interferência na produtividade do milho, pois pequenas alterações na população podem afetar significativamente o rendimento de grãos. Essa resposta ocorre porque o milho não possui um mecanismo de compensação de espaços tão eficiente quanto outras *Poaceas*, pois raramente perfilha, possui baixa prolificidade e limitada capacidade de expansão foliar (MARCHÃO et al., 2005). A determinação da densidade ótima (população de plantas capaz de otimizar a utilização dos recursos disponíveis) depende de diversos fatores, relacionados ao genótipo, ao ambiente e ao manejo da cultura.

A indicação de arranjo de plantas em milho foi alterada ao longo do tempo na medida em que modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica foram sendo incorporadas na planta pelos programas de melhoramento concomitantemente com as mudanças no manejo da cultura. Os dados de pesquisa evidenciaram que para uma mesma quantidade de recursos do ambiente, o uso de maior número de plantas por área resulta em maior competição intra-específica, sendo a intensidade dessa resposta variável com as características intrínsecas de cada híbrido e com as condições de manejo da cultura (SILVA et al., 2006).

Paulo e Andrade (2003) afirmam que também é importante a distribuição espacial das plantas dentro da linha de cultivo. Falhas de deposição das sementes pelas máquinas de semeadura deixam espaços não preenchidos ou adensam pela queda de múltiplas sementes no mesmo espaço, fazendo aumentar a competição intra-plantas, podendo levar à queda de produtividade pelo inadequado uso dos fatores de produção. Para se obter uma população adequada, é recomendável regular cuidadosamente a máquina semeadora. Caso a mesma seja pouco precisa, e em ambiente desfavoráveis, é

necessário aumentar a densidade de sementes para até 20% além do desejado, compensando possíveis perdas de sementes por ataque de pragas, microorganismos patogênicos e danos mecânicos causados pela semeadora.

## **2.4 Modelagem na agricultura**

Almeida et al. (2000) definem modelo como uma série de equações matemáticas, as quais descrevem um sistema. Segundo Bullock et al. (1988), os modelos de simulação de cultura podem ser definidos como um conjunto de equações para estimar a produção de uma cultura a partir de uma série de amostras, sendo que as mesmas permitem analisar detalhadamente os diversos componentes da produção. Apesar da complexidade envolvida na construção de modelos, os esforços são compensados em função de sua grande aplicabilidade, que auxilia o agricultor na tomada de decisão, permitindo a organização racional de questões envolvendo distribuição, armazenamento, comercialização do produto agrícola, entre outras (FONTANA et al., 2000).

Existem três níveis de uso dos modelos de simulação de culturas como ferramenta potencialmente útil na tomada de decisões: em pesquisas, em tecnologia de manejo de cultivos e em políticas de planejamento agrícola (KARLEN & CAMP, 1985).

Modelos podem ser utilizados para analisar os efeitos de diferentes estratégias, ajudando na determinação da melhor decisão, e apresentam uma série de vantagens para uma análise econômica, em relação aos dados provenientes de experimentação em campo. Entre essas vantagens destacam-se: um grande número de diferentes estratégias podem ser avaliadas rapidamente e com baixo custo; cada estratégia pode ser avaliada em um amplo intervalo de condições incertas, como por exemplo, clima; e, dependendo do modelo de crescimento utilizado, pode-se avaliar complexas estratégias de manejo interagindo com diversas decisões como irrigação, fertilização, datas de semeadura, dentre outras (MAR et. al., 2003).

De acordo com Rodrigues (2005), muitos agricultores procuram obter uma

estimativa da produtividade antes da época da colheita, pois podem utilizar a previsão da produção para avaliar as necessidades futuras de transporte e armazenamento do produto, bem como os prováveis ganhos na sua comercialização. As estimativas de produtividade são úteis em comparações nos ensaios de híbridos/variedades, verificando a variabilidade de produção em uma mesma área ou entre diferentes áreas de cultivo, ou comparando diferentes práticas de manejo. O autor ainda coloca que, embora a cultura tenha importância mundial, são poucos os métodos utilizados para estimar a produtividade de milho, pois esta é influenciada por inúmeros fatores. Em grande parte, os métodos são modelos matemáticos para simulação baseada em observações relacionadas à fisiologia e fenologia da planta e às condições meteorológicas do local. Da mesma maneira, existem poucos métodos práticos e simples para estimar o rendimento de grãos da cultura.

Um modelo matemático que tem sido muito utilizado para estimar a produtividade de grãos de milho é o utilizado pela Emater-MG (EMATER-MG, 2000). Esse modelo é aplicado em diversas propriedades agrícolas participantes do concurso anual de produtividade de milho do estado, e baseia-se em componentes de produção da planta, exigindo a determinação da umidade e do peso médio dos grãos, espaçamento entre linhas e o número médio de espigas obtido em várias amostragens.

Outro modelo matemático bem simples e pouco conhecido no Brasil, desenvolvido na Universidade de Illinois, nos Estados Unidos, é também baseado na coleta de espigas na pré-colheita sendo estimada a produtividade de grãos a partir da contagem do número de espigas, do número de fileiras de grãos e do número de grãos por fileira de cada espiga (REETZ, 1987). Nesse modelo, conta-se o número de plantas e de espigas em uma determinada área linear e somente algumas espigas são colhidas por ponto de amostragem. Em seguida, são determinados o número de fileiras de grãos e o número de grãos por fileira para cada espiga, sendo estes dados utilizados em uma expressão para se estimar a produtividade de grãos. O modelo não fixa o número de pontos amostrados e nem determina o número de pontos de acordo com a área da lavoura. A sua precisão será maior quando utilizado para comparações entre áreas distintas ou entre diferentes práticas de manejo, devendo-se ter atenção na seleção de locais representativos para a amostragem e, se necessário, aumentar o número de amostras na lavoura. Variações no peso e no tamanho dos grãos, características do híbrido, fatores de manejo e a

ocorrência de condições ambientais inesperadas poderão afetar as comparações (REETZ, 1987).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e caracterização da área experimental**

O experimento foi conduzido no município de Carmo do Rio Claro – MG, com as seguintes coordenadas utm/ups. 20° 58' 19" S e longitude 46° 07' 08" O, com altitude média de 785 metros.

O sistema de cultivo foi de semeadura direta na palha, em toda a área. A temperatura média no inverno é aproximadamente 16°C e a média no mês mais quente fica por volta de 27°C. O índice de pluviosidade é de 1.750 mm anuais.

O experimento foi instalado em área de Latossolo Vermelho de textura argilosa e boa fertilidade. O relevo é suave, sendo predominantemente de terras planas com grande aproveitamento para fins agrícolas (EMBRAPA, 2011).

Antes da instalação dos experimentos foram realizadas amostragens de solo para caracterização química e granulométrica.

#### **3.2 Instalação do Experimento**

O experimento foi realizado em campo de plantio comercial sob pivô central, totalizando uma área de 32 hectares, sendo 16 ha plantado com o espaçamento entre linhas de 0,50 metros com uma semeadura de seis linhas e 16 ha foram plantados com espaçamento entre linhas de 0,80 metros, com uma semeadura de 4 linhas.

Em ambos sistemas de cultivo, a densidade populacional foi a mesma, ou seja, 70.000 sementes no 'stand inicial'.

A semeadura do milho teve início no dia 14 de outubro e terminou do dia 16 de outubro. O milho utilizado no experimento foi o DKB 330 YG, um híbrido simples, superprecoce no florescimento e na colheita.

Foi utilizado 274 kg/ha de 8-28-16 como adubação de plantio. Durante a fase de desenvolvimento vegetativo V<sub>2</sub>-V<sub>3</sub>, realizou-se a adubação de cobertura com 274 kg/ha da fórmula 27-00-10.

Durante o ciclo da cultura na fase vegetativa V<sub>2</sub> para o controle de plantas daninhas utilizou-se o herbicida do grupo químico triazina junto ao herbicida do grupo químico benzoilciclohexanodiona.

No período de pré-colheita, selecionou-se cinco faixas (repetições) para cada espaçamento (0,50 e 0,80), nas quais aleatoriamente foram realizadas as amostragem para estimativas de produtividade dos modelos testados.

Os tratamentos utilizados foram dois sistemas de plantio com 0,50 e 0,80 metros entre linhas e os modelos de previsão da produtividade de milho foram: colheita de 10 metros lineares, amostragem de espigas, densidade de 1000 grãos. Os modelos foram comparados com a produtividade real na faixa (testemunha).

### **3.4 Modelos de previsão da produtividade de milho**

#### **\* Modelo de colheita de 10 metros lineares**

No ponto ideal de colheita realizou-se a retirada das espigas em uma área de 10 metros lineares por repetição sendo debulhado, pesado os grãos e determinado a umidade. Posteriormente realizou a conversão para umidade de 13% e foi calculado a produtividade em quilogramas por hectare.

#### **\* Modelo de amostragem de espigas**

Colheita de 6 espigas por faixa sendo determinado o peso e a umidade dos grãos. Determinou-se através da contagem do número de plantas e espigas em 10 metros lineares para o cálculo do “Stand Final”. Posteriormente obteve-se a produtividade pela média das espigas versus número de espigas por hectare dando um resultado final em quilogramas por hectare com umidade de 13%.

#### **\* Modelo de número e densidade de grãos por espiga**

Foram contados o número de fileiras versus número de grãos por espigas em seis plantas por faixa, posteriormente determinou-se o peso e umidade de 1000 grãos. Para avaliação final do peso médio das espigas multiplicou-se o número de grãos versus a densidade obtendo o resultado corrigido para umidade de 13%. Também se determinou

através da contagem do número de plantas e espigas em 10 metros lineares o “stand final”. Posteriormente obteve-se a produtividade pela média das espigas versus número de espigas por hectare dando um resultado final em quilogramas por hectare.

\* Produção real na faixa (testemunha)

A colheita do milho foi realizada mecanicamente, através de duas colheitadeiras John Deere, uma com plataforma de oito linhas com espaçamento de 0,50 m e a outra com plataforma de quatro linhas com espaçamento de 0,80 m. A avaliação da produtividade de cada espaçamento foi realizada por meio de pesagem em uma balança com capacidade de 80 toneladas, constituída de oito células de carga, corrigindo-se a umidade para 13% em base úmida e posteriormente estimando-se a produtividade em quilogramas por hectare.

### **3.5 Análise estatística**

Na composição do experimento foi utilizado o delineamento de blocos casualizados em faixa com fatorial 3x2 (três modelos por dois espaçamentos), com cinco repetições.

Realizou a correlação entre os métodos testados, bem como a análise de variância e a produção obtida comparada pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Utilizou-se o pacote computacional de análises SAS (System Analises Statistical).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Precipitação e temperatura média no transcorrer do experimento

Analisando inicialmente os dados de precipitação pluvial mensal, verificamos que houve uma maior incidência de chuvas a partir da data de plantio, contribuindo assim para o bom desenvolvimento desta cultura já que na época de maior demanda também ocorreu as maiores precipitações.

De acordo com Loomis e Amthor (1999), a disponibilidade de água é o principal fator que afeta a escolha da densidade ótima de plantas, pois influencia diretamente no desenvolvimento e produção da cultura. Segundo Penariol et al. (2003), quando há alta probabilidade de falta de umidade durante a floração da cultura, deve-se diminuir a densidade para que o solo possa suprir as plantas com suas reservas hídricas. Entretanto, conforme os dados colhidos no município de Carmo do Rio Claro durante o experimento, a densidade de plantas foi ideal, visto que houve boa média de chuvas e temperaturas ideais.

Roos (1981), diz que para a cultura do milho, há três estádios de desenvolvimento mais sensíveis ao déficit hídrico:

1. Iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, quando o número potencial de grãos é determinado.
2. Fertilização, quando o potencial de produção é estabelecido.
3. Enchimento de grãos, onde há maior acúmulo de massa.

Conforme Paulo e Andrade (2003), as fases que são mais sensíveis ao excesso hídrico são: germinação, diferenciação do pendão e espigamento até a maturação fisiológica.

As figuras 1 e 2 mostram que nos meses dezembro, janeiro e fevereiro, tanto a temperatura como a precipitação pluvial ocorreram com ótima intensidade.

Os resultados de temperatura mensal e precipitação que ocorreram durante o período de condução do experimento, são apresentados nas figuras 1 e 2, respectivamente.

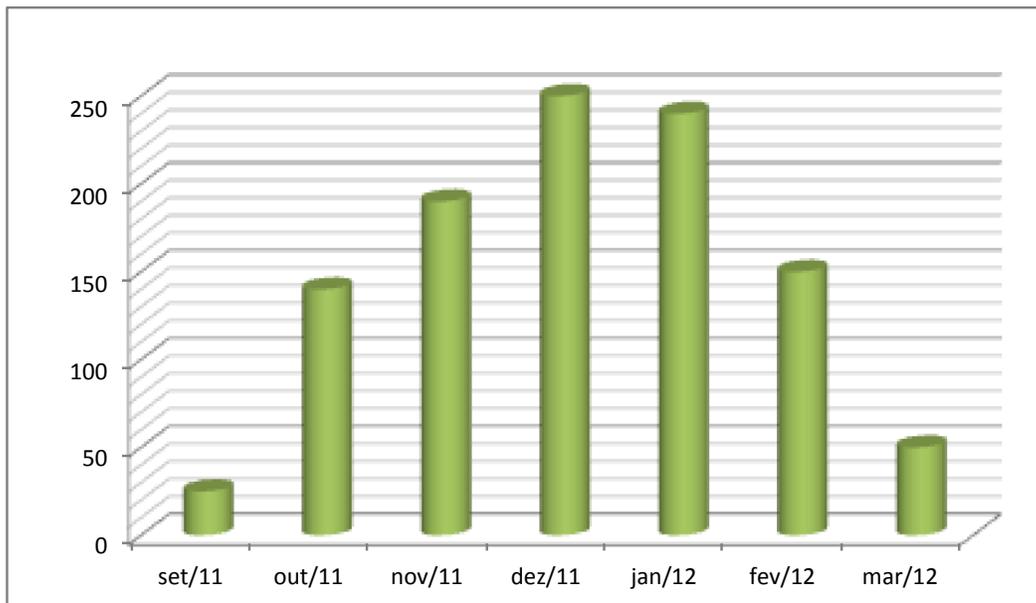


GRÁFICO 1: Valores mensais de Precipitação pluvial (mm) registradas durante o ciclo do milho, período de 01/09/2011 a 15/03/2012, no município de Carmo do Rio Claro.

Pela figura 2, verifica-se que os valores médios mensais de temperatura não sofreram grandes variações, havendo disponibilidade térmica favorável para o crescimento e desenvolvimento das plantas. A temperatura possui uma relação complexa com o desempenho da cultura, uma vez que a condição ótima varia com os diferentes estádios de crescimento e desenvolvimento da planta. Em geral, baixas temperaturas provocam um alongamento do ciclo da cultura, enquanto que temperaturas elevadas determinam redução na duração do ciclo. Ainda, a temperatura influencia na determinação dos componentes do rendimento, por afetar a duração do tempo cronológico dos estádios de desenvolvimento em que cada um desses componentes é determinado (ROOS, 1981).

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2001), as temperaturas ideais para crescimento do milho estão entre 25 e 30°C, e as mínimas, entre 6 e 8°C. Segundo o mesmo autor, temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 42°C afetam negativamente a germinação, enquanto que as situadas na faixa de 25 a 30°C são mais adequadas para os processos de germinação e emergência. O rendimento da cultura pode ser reduzido caso ocorram valores de temperatura acima de 35°C durante o período de formação do grão.

Mar et. al. (2003), verificaram bom desenvolvimento das plantas de milho em condições de temperatura média entre 18 e 25 ° C, semelhantes ao observado no presente trabalho.

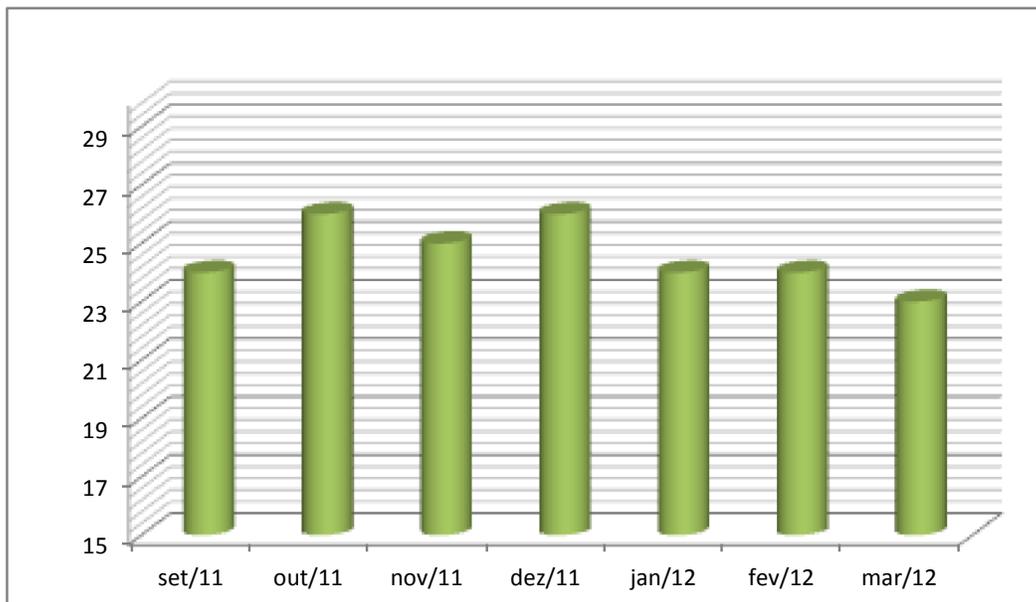


GRÁFICO 2: Valores mensais de temperatura (°C) registradas durante o ciclo do milho, período de 01/09/2011 a 31/03/2012, no município de Carmo do Rio Claro.

#### 4.2 Produtividade de grãos estimada

Após realizar a análise de variância comparando os modelos testados, observou-se que houve uma diferença altamente significativa entre os modelos, bem como no espaçamento entre linhas.

Segundo a Embrapa (2011), o modelo para previsão de produção baseado em componentes de produção da planta, exigindo a determinação da umidade e do peso médio dos grãos, espaçamento entre linhas e o número médio de espigas obtidos em várias amostragens, vem atingindo bons resultados, sendo utilizado em diversas propriedades agrícolas do estado.

A tabela 2 compara, através do teste Tukey, a produção real, sendo esta de 9007 kg/ha, com os modelos matemáticos de previsão de safra.

Apesar do modelo de densidade de 1000 grãos ter se mostrado superior quando comparado com o teste de Tukey, este modelo não é o mais recomendado, pois ele superestima a produção.

Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (2004), alguns modelos matemáticos de previsão de safra acabam superestimando a produção devido ao fator humano. Isto é, por mais aleatório que possa ser feita a amostragem, quando é feita a escolha, os grãos coletados tendem a ser os mais sadios e pertencentes ao centro da espiga, excluindo-se assim, grãos menores presentes nas extremidades das mesma.

Ainda de acordo com a CONAB, modelos matemáticos para previsão de safra facilitam o agronegócio, visto que os produtores podem se programar de acordo com os resultados futuros de suas lavouras. Para isso, é necessário um modelo matemático que represente bem a produção.

Na tabela 2, verificamos que alguns dos modelos matemáticos tiveram resultados iguais. Esses modelos representados pela mesma letra podem ser usados na prática, já que os resultados são próximos ao real.

Tabela 2. Produtividade média, em quilogramas por hectare, estimada pelos modelos matemáticos em comparação com a produtividade real. Fazenda São Pedro do Universo, Carmo do Rio Claro, MG.

| Modelo de previsão      | Produtividade (kg/ha) |
|-------------------------|-----------------------|
| Densidade de 1000 grãos | 10010.3 A             |
| Produção real           | 9007.0 B              |
| Colheita de 10 metros   | 8625.3 B              |
| Amostragem de espigas   | 8571.5 B              |

Médias seguidas pela mesma letra não se diferem entre si.

Na tabela 3, percebemos que os modelos de amostragem de espigas e colheita de 10 metros apresentam melhor correlação com a produção real, em torno de 75%. Dessa forma, ambos os modelos podem ser usados, já que os resultados são próximos ao real e não superestimam a produção, o que é altamente desejado por não afetar os planos iniciais do produtor.

Já o modelo de densidade de 1000 grãos teve uma correlação baixa com a produção real, assim sendo, esse é um modelo não recomendado, pois na prática pode causar

problemas ao produtor, visto que esse pode contar com uma produção irreal, atrapalhando seu fluxo de caixa e vendas antecipadas.

Tabela 3. Coeficiente de correlação e grau de significância entre os modelos matemáticos de previsão da produtividade do milho grão, Fazenda São Pedro do Universo, MG.

|                         | Produção real na faixa |
|-------------------------|------------------------|
| Colheita de 10 metros   | 0,9576 *<br>0,0018 **  |
| Amostragem de espigas   | 0,9516<br>0,0083       |
| Densidade de 1000 grãos | 0,8886<br>0,0197       |
| Produção real na faixa  | 1,0000<br>0,0          |

\* coeficiente de correlação

\*\* grau de significância

Quando se mantém a densidade e reduz o espaçamento, a distribuição espacial torna-se mais uniforme. Assim, há aumento na eficiência de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e diminuiu a competição intra-específica por luz, água e nutrientes. Dessa forma, no experimento, ocorreram aumentos na taxa fotossintética líquida e no desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, maiores rendimentos de massa seca e de grão.

Em termos do espaçamento influenciar na produtividade, mantendo a densidade de plantas, observou-se um melhor desempenho quando reduzido o espaçamento entrelinhas.

De acordo com Reetz (1987), o modelo de previsão de produção desenvolvido pela Universidade de Illinois, nos Estados Unidos, terá maior precisão quando utilizado para comparações entre diferentes práticas de manejo. Na tabela 4 observamos que quando comparamos cada modelo nos dois espaçamentos, eles não diferem entre si pelo teste Tukey. Todavia, quando a comparação é feita pela produção real na faixa e a

produção média, verificamos que há diferença no plantio com espaçamento reduzido, sendo este mais vantajoso.

Tabela 4. Modelos matemáticos de previsão de safra e sistemas de plantio.

|               | <b>Amostragem de espigas</b> | <b>Colheita de 10 metros</b> | <b>Densidade de 1000 grãos</b> | <b>Produção real</b> |
|---------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| <b>0,50 m</b> | 8902,0 A                     | 8897,8 A                     | 10224,4 A                      | 9498,0 A             |
| <b>0,80 m</b> | 8421,8 A                     | 8352,8 A                     | 9796,2 A                       | 8508,0 B             |

CV – 11,87 %

A manipulação do arranjo de plantas, através de alterações no espaçamento entrelinhas, com a mesma densidade de plantas, é uma das práticas de manejo mais importantes para otimizar o rendimento de grãos em milho. Ela afeta a interceptação da radiação solar incidente, que é um dos principais fatores determinantes da produtividade (OTTMAN & WELCH, 1989; LOOMIS & AMTHOR, 1999). Geralmente, o aumento na interceptação de radiação solar, devido à distribuição espacial mais uniforme entre plantas, tem sido relacionado unicamente ao maior índice de área folhar (IAF) (FLÉNET et al., 1996; MANDONNI & OTEGUI, 1996), pois aumenta a atividade fotossintética (BULLOCK et al., 1988; MUCHOW et al., 1990) e a produção de massa vegetal por planta (KARLEN & CAMP, 1985; MURPHY et al., 1996; SANGOI et al., 2001). Entretanto, o incremento no rendimento de grãos pode, ainda, relacionar-se à distribuição mais uniforme da radiação solar no interior do dossel e a maior eficiência de uso e de conversão da radiação interceptada em acúmulo de massa seca por planta (ARGENTA & SANGOI, 2001c).

Considerando os experimentos conduzidos, os resultados de rendimento de grãos confirmam a teoria de que a distribuição espacial mais uniforme entre plantas, mantida a densidade de plantas, otimiza o uso dos recursos do ambiente (luz, água e nutrientes), como foi proposto pela Fundação Rio Verde (2002). A distribuição mais uniforme entre plantas, com adoção de espaçamento entrelinhas reduzido, aumentaria o rendimento de grãos, principalmente devido à distribuição mais homogênea do sistema radicular. Com isso, as raízes ocupariam melhor o solo e, dessa forma, melhoraria a eficiência de absorção de água e nutrientes, bem como a interceptação de radiação solar.

## 5 CONCLUSÕES

Os modelos matemáticos para previsão de safra que foram mais próximos do real e podem ser utilizados por produtores são o modelo de colheita de 10 metros lineares e o modelo de amostragem de espigas.

A produtividade foi maior no espaçamento de 0,50 metros que no de 0,80 metros.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROLINE. Disponível em <<http://www.agroline.com.br/artigos/artigo.php?id=237>>. Acesso em: 14 de fev. 2012.

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, jan./mar.2000.

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.71-78, jan.2001a.

ARGENTA, G. **Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho**. 2001c. 112f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001b.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, p.1075-1084, dez.2001c.

ARGENTA, G. et al. Redução da dose de herbicida utilizada na cultura do milho através da adoção de menor espaçamento entre linhas. **Revista Plantio Direto**, v.58, n.5, p.66-69, jun.2000.

BERGAMASCHI, H et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.9, p.831-839, set.2004.

BULLOCK, D.G.; NIELSEN, R.L.; NYQUIST, W.E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, Madison, v.28, n.2, p.254-258, mar.1988.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra**. Sexto Levantamento de safra 2012. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/download/safra20112012lev06.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2012.

DEKALB. Disponível em <<http://www.dekalb.com.br>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

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.3, p.63-77, mar.1999.

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.

DUCHON, C.E. Corn yield prediction using climatology. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, School of Meteorology, University of Oklahoma, v.25, n.5, p.581-585, maio1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2012.

FLÉNET, F. et al. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, n.2, p.185-190, nov.1996.

FONTANA, D.C. et al. Perfil espectral do milho no Brasil na safra 2000. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 9, 2000, Puerto Iguazú, Argentina, **Anais...** Puerto Iguazú, 2000.

FUNDAÇÃO RIO VERDE. **Resultados de pesquisa arroz, milho e soja – safra 2001/2**. Lucas do Rio Verde, 2002. 65p. (Boletim Técnico, 5).

GUNGULA, D.T.; KLING, J.G.; TOGUN, A.O. CERES-Maize predictions of maize phenology under nitrogen-stressed conditions in Nigeria. **Agronomy Journal**, v.95, n.4, p.892-899, jul.2003.

KARLEN, D.L.; CAMP, C.R. Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic coastal plain. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, n.3, p.393-398, maio/jun.1985.

LOOMIS, R.S.; AMTHOR, J.S. Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v.39, n.5, p.1584-1596, jul.1999.

MAR, G. D. et. al. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.267-274, fev.2003.

MARCHÃO, R. L. et al. 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, maio/ago.2005.

MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R.; BENNETT, J.M. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.2, p.338-343, out.1990.

MURPHY, S.D. et al. Effect of planting patterns and inter-row cultivation and competition between corn (*Zea mays*) and late emerging weeds. **Weed Science**, Lawrence, v.44, n.6, p.856- 870, jul./set.1996.

OLIVEIRA, M.D.X.; FORNASIERI FILHO, D. Duração em graus-dia, dos períodos de desenvolvimento de cultivares de milho "safrinha" no Estado de Mato Grosso do Sul. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DE MILHO SAFRINHA, 5, 1999, Barretos, SP. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. p.103-112.

OTTOMAN, M.J.; WELCH, L.F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.81, p.167-174, 1989.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PAULO, E. M.; ANDRADE, J. A. 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.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. 650 p.

PENARIOL, F. G. et al. 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.52-60, maio/ago.2003.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Manejo cultural do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 07).

QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A. et al. **Agricultura de Precisão**. Viçosa, MG: UFV, 2000. p.1-42.

REETZ, H. Here's how to estimate yields for corn and soybeans before harvest. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v.71, n.1, p.18-19, jul./set.1987.

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., p.1231-1236, ago.1994.

RODRIGUES, V. N. **Comparação entre métodos para estimar a produtividade de grãos de milho**. 2004. 47 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SANGOI, L. et al. 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, jun.2001.

SANGOI, L. et al. Níveis de manejo na cultura do milho em dois ambientes contrastantes: análise técnico-econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1021-1029, nov./dez.2003.

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, jan./fev.2000.

SILVA, et al. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.585-592, jan./fev.1997.

SILVA et al. **Importância do arranjo de plantas na definição da produtividade do milho**. Porto Alegre : Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 64p.

THORNTON, P. K. et al. Estimating millet production for famine early warning: an application of crop simulation modeling using satellite and ground-based data in Burkina Faso. **Agricultural and Forest Meteorology**, Philadelphia, v.83, n.1-2, p.95-112, set.1997.

VIEIRA, M. A. et al. Cultivares de milho e população de plantas que afetam a produtividade de espigas verdes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 81-86, jan./fev.2010.