



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/AGRICULTURA  
TROPICAL**

**EDGAR AUGUSTO DE SOUSA RIBEIRO**

**PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE IRRIGADO POR  
GOTEJAMENTO EM TERESINA-PI**

**TERESINA - PI**

**2017**

**EDGAR AUGUSTO DE SOUSA RIBEIRO**

**PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE IRRIGADO POR GOTEJAMENTO EM  
TERESINA-PI**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal do Piauí, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-graduação em Agronomia – área  
de concentração Agricultura Tropical  
para obtenção do título de Mestre em  
Ciências.

**Orientador:** Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

**Coorientador:** Prof. Dr. Antônio Aécio Carvalho Bezerra

**TERESINA - PI**

**2017**

**R484p** Ribeiro, Edgar Augusto de Sousa

Produção de milho-verde irrigado por gotejamento em Teresina.PI. / Edgar Augusto de Sousa Ribeiro - 2017.

80 f.: il.

Dissertação ( Mestrado em Agronomia ) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho

1. *Zea mays* 2. Gotejamento subsuperficial 3. Arranjo de plantio 4. Análise econômica I. Título

**CDD 633.15**

EDGAR AUGUSTO DE SOUSA RIBEIRO

PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE IRRIGADO POR GOTEJAMENTO EM  
TERESINA-PI

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal do Piauí, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-graduação em Agronomia – área  
de concentração Agricultura Tropical  
para obtenção do título de Mestre em  
Ciências.


Aprovado em 24 de março de 2017

Comissão Julgadora:

  
Prof. Dr. Luís Gonzaga Medeiros de Figueredo Júnior – UESPI

  
Dr. Marcos Emanuel da Costa Veloso – Embrapa Meio-Norte

  
Prof. Dr. Francisco Edinaldo Pinto Mousinho – CTT/UFPI  
(Orientador)

  
Prof. Dr. Antônio Aécio de Carvalho Bezerra – CCA/UFPI  
(Coorientador)

TERESINA – PI

2017

*Aos meus pais, por terem sempre apoiado o meu trabalho e por proporcionarem uma educação de qualidade.*

*A minha família por está sempre unida e pelo apoio oferecido.*

*A minha namorada Jéssica Sales por estar sempre ao meu lado durante grande parte dos meus estudos.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela nossa existência e por nos fornecer todos os recursos necessários a nossa sobrevivência.

Ao Governo Federal e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

À Universidade Federal do Piauí (UFPI), pela qualidade no ensino e por me acolher desde o período da graduação.

Ao Orientador professor Francisco Edinaldo Pinto Mousinho, pela sua simplicidade, pelo grandioso trabalho que exerce e por todo apoio dado para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Agricultura Tropical, em especial aos professores Antônio Aécio, Francisco de Alcântara e Regina Lucia pelos ensinamentos e pelos incentivos.

Ao Colégio Técnico de Teresina – CTT, por disponibilizar toda sua estrutura e pelo financiamento para a realização deste trabalho.

A todos os meus familiares, principalmente a minha mãe Francisca Vieira de Araújo Ribeiro, meu pai Edgar de Sousa Ribeiro e meus irmãos Helder Vieira e Verônica Vieira, por sempre acreditarem em mim.

Aos meus familiares da cidade de Dom Expedito Lopes, avós Maria do Céu e Antônio Sátiro; a todos os primos, tios em especial a José Nilson (In memorian).

Aos meus amigos Reinaldo, Elizandra e Isaac que me ajudaram bastante na condução do experimento e pelos momentos de descontração.

Aos meus amigos Marcos Vinicius, Laydson Moura, Raylson, Francélio, Edvaldo, Fábio Nunes, Adeílton Pereira, Valbério Borges, Kathleen Mary, Maxwell, Celso, Desterro Soares, Cristiano Monteiro, Vinicius Silva, Anderson Costa e a todos os outros que de certa forma contribuíram e participaram da minha vida.

À minha namorada Jéssica Sales, pelo companheirismo, por todo apoio e paciência.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte dessa longa jornada.

“E um dia os homens descobrirão que esses discos voadores estavam apenas estudando a vida dos insetos”.

Mario Quintana

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e a viabilidade econômica do cultivo do milho-verde irrigado por gotejamento em Teresina-PI. O experimento foi conduzido no Colégio Técnico de Teresina – CTT/UFPI no período de novembro de 2015 a janeiro de 2016. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial  $[(2 \times 2 \times 2) + 2]$ , com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de dois sistemas de irrigação, gotejamento superficial e subsuperficial; dois arranjos de plantio, fileira simples e dupla e duas formas de adubação, fertirrigação e adubação convencional. Além dos tratamentos convencionais, adotou-se também como forma de comparação ao sistema convencional de cultivo, duas testemunhas com sistema de irrigação por aspersão convencional, sendo uma com fileira simples e outra com fileira dupla de plantio utilizando-se a adubação convencional para ambas. Foram avaliadas a produtividade de espigas comerciais empalhadas e despalhadas por hectare, o comprimento de espigas empalhadas e despalhadas, diâmetro de espigas empalhadas e despalhadas e os parâmetros relacionados à planta como altura da planta e altura de inserção da espiga. Houve diferenças significativas entre os sistemas de irrigação para os parâmetros altura de planta e produtividade de espigas comerciais despalhadas sendo que o sistema de irrigação por gotejamento superficial apresentou melhores resultados. O arranjo em fileira simples apresentou valores superiores ao arranjo em fileira dupla em todos os parâmetros avaliados. A utilização da fertirrigação apresentou melhores resultados quando comparado à adubação convencional para altura de planta, altura de inserção da espiga e produtividade de espigas comerciais despalhadas. A utilização dos sistemas de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial bem como a irrigação por aspersão convencional no cultivo de milho-verde mostraram-se economicamente viáveis. O sistema de irrigação por gotejamento superficial em arranjo fileira simples aliado a fertirrigação apresentou a maior receita líquida. Os tratamentos com arranjo em fileira simples foram mais economicamente viáveis que os de fileira dupla.

Palavras-chave: *Zea mays*, gotejamento subsuperficial, arranjo de plantio, análise econômica.



## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the productive performance and economic viability of the green corn drip irrigation in Teresina-PI. The experiment was conducted at the Technical College of Teresina - CTT / UFPI from November 2015 to January 2016. The experimental design was a randomized complete block design (2 x 2 x 2) + 2, with four replications. The treatments consisted of two irrigation systems, surface and subsurface drip irrigation; two planting arrangements, single and double row and two forms of fertilization, fertigation and conventional fertilization. In addition to the conventional treatments, two controls with conventional sprinkler irrigation system were also used as a way of comparison to the conventional system of cultivation, being one with single row and one with double row of planting using conventional fertilization for both. The productivity of mulched and degummed commercial ears per hectare, the length of husked and debrised ears, diameter of stuffed and without straw ears and the parameters related to the plant as plant height and height of the spike were evaluated. There were significant differences between the irrigation systems for the parameters plant height and productivity of commercial without straw spikes being that the system of irrigation by surface drip presented better results. The simple row arrangement presented values higher than the double row arrangement in all evaluated parameters. The use of fertirrigation presented better results when compared to the conventional fertilization for plant height, spike insertion height and yield of commercial ears. The use of surface and subsurface drip irrigation systems as well as conventional sprinkler irrigation in green corn cultivation were economically feasible. The system of irrigation by surface drip irrigation in a single row arrangement with fertigation presented the highest net revenue. Simple row array treatments were more economically feasible than double row treatments.

Key words: *Zea mays*, subsurface drip, planting arrangement, economic analysis.

## LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental. Teresina, 2015	.33
Tabela 2 - Características físicas do solo da área experimental. Teresina, 2015	.....34
Tabela 3 - Descrição dos tratamentos em função do sistema de irrigação, arranjo de plantas e forma de adubação. Teresina, 2016	.....34
Tabela 4 - Coeficientes de cultivos (Kc) para as diferentes fases fenológicas do milho-verde.....	38
Tabela 5 - Teste de comparação de média para os seguintes parâmetros: produtividade de espigas comerciais empalhadas (PECE), produtividade de espigas comerciais despalhadas (PECD) e número de espigas comerciais (NEC). Teresina, 2016	.....42
Tabela 6 - Desdobramento da interação entre os fatores sistema de irrigação e arranjo de planta para produtividade de espiga comercial empalhada. Teresina, 2016	.....43
Tabela 7 - Desdobramento da interação entre os sistemas de irrigação e arranjo de planta para o produtividade de espiga comercial despalhada. Teresina, 2016	.....43
Tabela 8 - Produtividade de espigas comerciais empalhadas (PECE), produtividade de espigas comerciais despalhadas (PECD), número de espigas comerciais (NEC) e índice de espigas comerciais por planta (IECP) em função do tratamento. Teresina, 2016	.....44
Tabela 9 - Comparação em percentual dos tratamentos em relação à testemunha do desempenho produtivo: produtividade de espigas comerciais empalhadas (PECE), produtividade de espigas comerciais despalhadas (PECD) e número de espigas comerciais (NEC). Teresina, 2016	.....45
Tabela 10 - Teste de médias entre os tratamentos para os parâmetros morfológicos: comprimento de espiga empalhada e despalhada, diâmetro de espiga empalhada e despalhada, altura de planta (ALP) e altura de inserção da espiga (AIE).....	46
Tabela 11 - Teste de comparação de média para os seguintes parâmetros: comprimento de espigas empalhadas (CEE), comprimento de espigas despalhadas (CED), diâmetro de espigas empalhadas (DEE), diâmetro de espigas despalhadas (DED). Teresina, 2016.....	47
Tabela 12 - Teste de comparação de média para os seguintes parâmetros: altura de planta (ALP) e altura de inserção da espiga (AIE). Teresina, 2016.....	47
Tabela 13 - Desdobramento da interação entre arranjo de plantas e método de adubação para altura de inserção da espiga. Teresina, 2016.....	49
Tabela 14 - Comparação em percentual dos tratamentos em relação à testemunha dos parâmetros morfológicos: comprimento de espiga empalhada (CEE), comprimento de espiga despalhada (CED), diâmetro de espiga empalhada (DEE), diâmetro de espiga despalhada (DED), altura de planta (ALP) e altura de inserção da espiga (AIE). Teresina, 2016.....	49
Tabela 15 - Características químicas do solo da área experimental. Teresina, 2015	.....60
Tabela 16 - Características físicas do solo da área experimental. Teresina, 2015	...61
Tabela 17 - Descrição dos tratamentos de acordo com o sistema de irrigação, arranjo de plantas e método de adubação. Teresina, 2016	.....61
Tabela 18 - Coeficientes de cultivos para as diferentes fases fenológicas do milho-verde. ....	65

Tabela 19 - Custos de produção de um ciclo de cultivo de milho-verde utilizado para análise de viabilidade econômica em função dos diferentes tratamentos. Teresina, 2016 .....	66
Tabela 20 - Investimento necessário para implantação do sistema de irrigação, vida útil e valor residual (VR) de acordo com o sistema de irrigação e arranjo de plantio. Teresina, 2016 .....	68
Tabela 21 - Número de espigas comerciais (NEC), custo fixo (CF), custo variável (CV), custo total (CT) e relação benefício/custo (B/C) para produção de milho-verde irrigado em função de cada tratamento. Teresina, 2016 .....	71
Tabela 22 - Receita líquida (RL) em R\$ ha <sup>-1</sup> obtida em função dos tratamentos e o número de ciclos de cultivo durante o ano. Teresina, 2016 .....	73
Tabela 23 - Percentagem da participação do custo fixo total (CFT) e custo variável total (CVT) no custo total (CT) de produção em função dos diferentes tratamentos. Teresina, 2016 .....	75
Tabela 24 - Custo unitário da espiga comercial de milho-verde, em função das diferentes quantidades de ciclos de cultivo durante o ano. Teresina, 2016 .....	76
Tabela 25 - Rendimento mínimo de espigas comerciais de milho-verde por hectare para que haja receita líquida positiva. Teresina, 2016 .....	76
Tabela 26 - Síntese da análise de variância para comprimento de espiga empalhada (CEE), comprimento de espiga despalhada (CED), diâmetro de espiga empalhada (DEE), diâmetro de espiga despalhada (DED), altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (AIE), produtividade de espiga comercial empalhada (PECE), produtividade de espiga comercial despalhada (PECD), número de espigas comerciais (NEC). Teresina, 2016 .....	81
Tabela 27 – Custos fixos e variáveis anuais de acordo com o tratamento, considerando quatro ciclos de cultivo por ano. Teresina, 2016.....	82

**LISTA DE FIGURAS**

	Pág.
Figura 1 - Croqui do sistema de irrigação da área experimental relativo aos tratamentos com irrigação por gotejamento. ....	35
Figura 2 - Sistema de irrigação por gotejamento em arranjo fileira simples (a), sistema de irrigação por gotejamento em arranjo fileira dupla (b).....	36
Figura 3 – Abertura dos sulcos para instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (a). Implantação do sistema de irrigação (b).....	37
Figura 4 - Distribuição do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) durante o ciclo da cultura do milho verde.....	38
Figura 5 - Croqui do sistema de irrigação da área experimental relativo aos tratamentos com irrigação por gotejamento. ....	62
Figura 6 - Sistema de irrigação por gotejamento em arranjo fileira simples (a), sistema de irrigação por gotejamento em arranjo fileira dupla (b).....	62
Figura 7 - Abertura dos sulcos para instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (a). Implantação do sistema de irrigação (b).....	63
Figura 8 - Distribuição do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) durante o ciclo da cultura do milho verde.....	65

## SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO.....	viii
ABSTRACT .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	16
2.1 Cultura do milho .....	16
2.2 Irrigação por gotejamento .....	18
2.3 Análise de viabilidade econômica .....	21
REFERÊNCIAS .....	23
CAPÍTULO 1 .....	28
RESUMO.....	29
ABSTRACT .....	30
1 INTRODUÇÃO .....	31
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4 CONCLUSÕES .....	51
REFERÊNCIAS .....	52
CAPÍTULO 2 .....	55
RESUMO.....	56
ABSTRACT .....	57
1 INTRODUÇÃO .....	58
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
4 CONCLUSÕES .....	78
REFERÊNCIAS .....	79
APÊNDICE .....	81

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.) apresenta grande relevância econômica e social no Brasil, e sua importância para humanidade está relacionada principalmente pelo seu potencial para obtenção de elevado rendimento, valor nutricional e pelas variadas formas de utilização tanto como grãos secos ou espigas verdes. Na região de Teresina-PI, o cultivo de milho-verde tem se tornado uma fonte promissora de renda para os pequenos agricultores, graças à sua possibilidade de elevada lucratividade e sua diversidade de uso.

O milho é caracterizado por ser uma cultura que possui alta demanda hídrica e, também, por ser uma das mais eficientes no uso da água, ou seja, apresenta alta relação de produção de matéria seca por unidade de água utilizada (SILVA et al., 2012). Na maioria dos casos o milho-verde é produzido por agricultores familiares, sendo a irrigação ainda pouco utilizada (CARDOSO et al., 2011). Isso se deve entre outros fatores à ausência de estudos relacionados à produção e análise de viabilidade econômica na utilização da irrigação no cultivo do milho-verde.

O cultivo de milho-verde no Estado do Piauí tem sido realizado na grande maioria das vezes no período chuvoso, uma vez que a cultura demanda um consumo mínimo de 350 a 500 mm para garantir uma produção satisfatória sem a necessidade de irrigação (EMBRAPA, 2012). De acordo com Brito et al. (2012), a irregularidade nas chuvas torna a agricultura uma atividade de alto risco, tornando o principal fator limitante em regiões tropicais, fazendo-se necessário a utilização da irrigação.

A irrigação é uma tecnologia estratégica na produção de alimentos. A sua principal finalidade é disponibilizar água às culturas na quantidade certa e no momento adequado (MOREIRA et al., 2012). A utilização de sistemas de irrigação e a otimização no uso da água são fatores de grande importância principalmente em regiões que apresentam longos períodos de escassez de chuvas, pois podem proporcionar maior eficiência de uso da água, aumentando o rendimento da cultura, proporcionando maior retorno econômico. Assim, o uso de sistemas de irrigação mais eficientes, como o gotejamento, torna-se cada vez mais importante.

A irrigação por gotejamento apresenta várias vantagens, dentre as quais se podem destacar: maior eficiência no uso da água, maior eficiência na aplicação de fertilizantes, redução nos gastos com energia e mão-de-obra e possibilidade de

automação. Além disso, a irrigação por gotejamento também pode ser utilizada abaixo da superfície do solo, sendo conhecida como gotejamento subsuperficial. Esse sistema não tem sido muito utilizado para a irrigação da cultura do milho no Brasil, com exceção de algumas pequenas áreas. Porém, nos Estados Unidos, já existem grandes áreas comerciais cultivadas com milho irrigado pelo sistema de gotejamento subsuperficial (AYARS et al., 2015).

A principal causa da pouca utilização do gotejamento subsuperficial é o seu alto custo que se diferencia do gotejamento superficial por apresentar um material mais resistente com parede mais espessa. Com o aumento das preocupações sobre a conservação e qualidade da água, os irrigantes estão em busca da adoção de sistemas de irrigação mais eficientes e de baixo custo. Uma das formas de proporcionar uma redução nos custos com a utilização do sistema de irrigação por gotejamento é a alteração no arranjo das plantas por meio do plantio em fileira dupla onde ao invés de possuir uma linha de tubo gotejador para cada fileira de planta possuirá uma linha de tubo gotejador para duas fileiras de plantas.

Na região de Teresina-PI, a grande maioria dos agricultores que utilizam a irrigação no cultivo de milho-verde, não adota o manejo que proporcione o máximo rendimento econômico para as condições da região. Dentre os fatores que contribuem para essa utilização inadequada da irrigação, está a ausência de pesquisas relacionadas ao uso e manejo da irrigação que proporcione um maior ganho de produtividade e retorno econômico.

Para a cultura do milho-verde, grande parte dos trabalhos realizados em Teresina-PI analisaram apenas o sistema de irrigação por aspersão convencional com adubação aplicada de forma convencional, havendo carência de informações quanto ao desempenho produtivo e viabilidade econômica da produção de milho-verde utilizando-se outros sistemas de irrigação como o gotejamento superficial e subsuperficial, juntamente com a fertirrigação. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e a viabilidade econômica da utilização do sistema de irrigação por gotejamento no cultivo do milho-verde, considerando a utilização de diferentes formas de aplicação de fertilizantes e arranjo de plantio.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta pertencente à família das poáceas tendo como centro de origem a região do vale central do México, possuindo relevante importância na alimentação humana e animal, podendo ser consumido na forma de grãos secos ou milho-verde. O Brasil destaca-se como o terceiro maior produtor mundial de milho (Conab, 2016). Estima-se que a produção de milho na safra 2015/16, encontra-se em torno de 83 milhões de toneladas sendo cultivado em uma área de aproximadamente 15 milhões de hectares. Na forma de milho-verde, a cultura assume um importante papel no desenvolvimento socioeconômico, desde o combate a desnutrição até a geração de empregos diretos e indiretos devido a grande área cultivada no mundo.

No Brasil, o cultivo do milho-verde possui uma produção pouco significativa frente ao agronegócio nacional, no entanto, é cultivado praticamente em todo o país, principalmente na região Nordeste. A cultura tornou-se uma opção de grande valor econômico para o pequeno agricultor, graças ao seu preço de mercado e pela significativa demanda principalmente pelo consumo in natura e da indústria de conserva alimentícia (EMBRAPA, 2012).

Apesar do cultivo de milho-verde no Brasil ainda apresentar baixas produtividades, ganhos significativos vêm sendo verificados, devido principalmente pelo desenvolvimento e adoção de novas tecnologias (CALDARELLI; BACCHI, 2012). Dentre essas, destaca-se a irrigação, que permite disponibilizar água as culturas no momento certo e na quantidade adequada, proporcionando consequentemente aumento na produtividade.

Apesar do seu alto potencial produtivo, o milho-verde apresenta uma elevada sensibilidade ao déficit hídrico, o que torna importante o uso da irrigação nos meses mais secos e em regiões com escassez ou irregularidades das precipitações pluviais. De acordo com Nascimento et al. (2015), em experimento realizado no município de Teresina-PI, o déficit hídrico reduz linearmente o índice de área foliar e o teor de clorofila e consequente redução na produção de espigas verdes.

O milho é considerado o cereal mais eficiente tanto para a produção de grãos como para produção de espigas verdes, principalmente pela contribuição de seu



tamanho, com elevada área foliar e pela sua fisiologia. A fotossíntese, respiração, transpiração e a evaporação, são processos fisiológicos do milho que resultam diretamente da energia disponível no ambiente, comumente chamada de calor (DOURADO NETO; FANCELLI; 2000).

O milho apresenta alta sensibilidade ao déficit hídrico. Logo a ocorrência de estiagens em períodos críticos do desenvolvimento da cultura, como o florescimento e a maturação fisiológica podem ocasionar redução direta no rendimento da cultura (BERGAMASCHI, et al., 2006). Sousa et al. (2015) em experimento no município de Teresina-PI que avaliava o desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico, concluíram que o estresse hídrico reduz o número de grãos por metro quadrado, o número de espigas por metro quadrado e o rendimento de grãos.

Por ser uma planta de mecanismo fotossintético do tipo C4, o milho possui características fisiológicas favoráveis referentes à eficiência de conversão de gás carbônico da atmosfera em compostos orgânicos, como os carboidratos. Esse processo fotossintético ocorre por causa do CO<sub>2</sub> ser continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas e posteriormente redistribuído para sua utilização (TAIZ; ZEIGER, 2013). Apesar da eficiência fotossintética das plantas C4, existem características intrínsecas ao milho que diminuem a interceptação de luz pelas folhas como a natureza alterna e oposta das folhas ao longo do perfil da planta que causam o auto-sombreamento das folhas inferiores e a presença do pendão que, inativo logo após a fertilização, pode sombrear as plantas em até 19% (MAGALHÃES, PAIVA; 1993).

Para a produção de milho-verde, poderão ser obtidas maiores produtividades, em função da eficiência da interceptação da radiação incidente, resultante da distribuição espacial das plantas devido ao espaçamento, número de plantas por hectare e arranjo de plantio. O arranjo de plantas é uma das práticas que mais afetam a produtividade do milho devido ao fato de produzir uma espiga por planta e pela sua elevada sensibilidade à competição intraespecífica. A partir disso, modificações no arranjo de plantio podem ocorrer por meio da alteração na população ou distribuição de plantas na fileira de semeadura ou também pelo paralelismo de fileiras na semeadura (HORBE, 2014). Além do possível aumento no rendimento, a alteração no arranjo espacial das plantas no campo poderá proporcionar uma redução nos custos de produção do milho irrigado por

gotejamento, já que permitiria a utilização de apenas uma única linha lateral de irrigação para duas fileiras de plantas.

## **2.2 Irrigação por gotejamento**

A irrigação por gotejamento consiste na aplicação direta de água ao solo, na região próxima ao sistema radicular da planta, em pequenas intensidades e em alta frequência com a finalidade de manter a umidade do solo próximo à capacidade de campo. Possui como vantagem, dentre outras, a possibilidade de implementação de um conjunto de técnicas agrícolas nos cultivos de determinadas plantas, tais como: controle da umidade do solo, uso da fertirrigação, prevenção de doenças e controle da salinidade, de forma que se obtenham efeitos significativos na produtividade em relação à quantidade de água consumida proporcionando um menor custo de produção.

Devido apresentar diâmetro de orifícios bastantes pequenos, o sistema de irrigação por gotejamento exige que haja um eficiente processo de filtragem da água (BERNARDO, 2008). Em vista disso, têm sido desenvolvidas novas tecnologias tanto para prevenir, quanto para limpar caso o sistema já esteja obstruído. Em relação à prevenção, pode ser utilizado sistema de filtragem da água (tela, disco ou areia) na qual faz parte do próprio sistema, para evitar futuro entupimento dos gotejadores. Já em relação à limpeza, existem diversos produtos químicos como cloro e alguns ácidos.

Estudos realizados com a cultura do milho têm demonstrado que a economia de água, o aumento da produtividade e a melhoria na qualidade da espiga podem ser atingidos utilizando-se a irrigação por gotejamento associada à fertirrigação (HOWELL,1997). Além disso, no gotejamento, por não haver o molhamento das folhas, minimiza problemas fitossanitários (MAROUELLI; SILVA, 2002).

Marouelli et al., (2013) constataram que o sistema de irrigação por gotejamento proporcionou melhores resultados de produção em um experimento com hortaliças quando comparado com um sistema de aspersão convencional. No entanto, o custo total de produção gerado pelo gotejamento poderá ser elevado comparado à aspersão convencional, devido ao custo inicial do equipamento e pela utilização de grandes números de linhas laterais de distribuição em espaçamentos reduzidos. Porém, a alteração no arranjo de plantas com a utilização do

espaçamento em fileira dupla, com uma única linha lateral para duas fileiras de plantas pode reduzir esse custo até pela metade.

Com o aumento dos preços dos insumos e com a escassez dos recursos hídricos e mão-de-obra há necessidade cada vez maior em aumentar a eficiência na produção do milho. Esses ganhos com eficiência devem ser obtidos com a melhoria nas práticas de manejo e tecnologia. O milho necessita de uma boa umidade do solo para obter uma melhor produtividade. Com a expansão do plantio de milho em regiões mais áridas e com solos menos férteis, a solução para uma expansão de forma segura é a utilização da irrigação de forma eficiente (BERGONCI et al., 2001).

O aumento da eficiência do uso da água e do rendimento de milho pode ser alcançado por meio da utilização da irrigação localizada por gotejamento, permitindo o plantio em qualquer época do ano. Um aperfeiçoamento na irrigação localizada via gotejamento foi a sua utilização abaixo da superfície do solo, que se caracteriza pela aplicação localizada de água diretamente na região radicular da cultura, apresentando grande potencial de utilização devido à eficiência no uso da água (PHENE 2005; LAMM et al., 2003).

O gotejamento subsuperficial é uma tecnologia que foi desenvolvida em 1959 no estado da Califórnia, EUA (DAVIS, 1967) e no Hawaii (VAZIRI E GIBSON, 1972). Durante a década de sessenta na Califórnia, foram construídas linhas laterais de polietileno ou PVC com furos ou cortes internos (ZETZSEN E NEWMAN, 1966; HANSON et al., 1970). No mesmo período em Israel, estavam sendo desenvolvidos sistemas de gotejamento subsuperficial, concomitantemente com sistemas de injeção de fertilizantes (GOLDBERG E SHMUELI, 1970).

A irrigação por gotejamento subsuperficial é uma tecnologia promissora principalmente em áreas em que há escassez de recursos hídricos, tendo como uma das principais características a redução das perdas por evaporação, uma vez que as camadas superiores permanecem secas proporcionando um acréscimo na eficiência do uso da água e redução no consumo de energia, pois o sistema opera com menor pressão quando comparado com outros sistemas pressurizados (NEUFELD, 2001; LAMM et al., 2007)

De acordo com Phene (1987), a irrigação por gotejamento subsuperficial, tem as seguintes vantagens quando comparado com o gotejamento superficial: maior economia de trabalho e vida útil mais longa; possui uma maior eficiência de uso de água e nutrientes; reduz a ocorrência de doenças do solo e ajuda a controlar a

infestação de ervas daninhas; reduz a compactação do solo; promove uma significativa melhoria na qualidade e na produção e proporciona menor perda de água por evaporação. No entanto, apresenta estas desvantagens: acúmulo de sais na superfície em zonas pouco chuvosas, prejudicando a germinação da cultura seguinte; necessidade de irrigação de pré-emergência; dificuldades em localizar perdas por percolação e danos na tubulação, maior custo do sistema, problemas com entupimentos e intrusão radicular (LAZAROVITCH et al., 2006; PROVENZANO 2007; GIL et al., 2011).

Diversos autores constataram vantagens do gotejamento subsuperficial sobre outros sistemas de irrigação. Na maioria das pesquisas realizadas, o gotejamento subsuperficial apresentou ganhos de rendimentos superiores ou iguais aos outros sistemas de irrigação. Martínez (2014) constatou uma maior produtividade quando utilizado o gotejamento subsuperficial em comparação com o gotejamento superficial na produção de oliveiras no sul da Espanha. Quando comparado com o gotejamento superficial, o subsuperficial tem dado maiores produções com milho doce em Israel e na Califórnia (BAR-YOSEF et al, 1989).

Calgaro et al. (2014) analisando o desempenho de sistemas de irrigação quanto à eficiência de uso da água da cana-de-açúcar em solo argiloso obtiveram uma produtividade de 224,2 Mg ha<sup>-1</sup> para o sistema de gotejamento subsuperficial, enquanto que o gotejamento superficial e a irrigação por sulco apresentaram produtividade de 215,6 Mg ha<sup>-1</sup> e 156,7 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Dalri (2008), avaliou a produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com nitrogênio (N) e potássio (K) via gotejamento subsuperficial, obtendo uma produtividade de colmos de 190,1 Mg ha<sup>-1</sup>. Andrade Júnior (2012), pesquisando níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial no município de Teresina-PI obteve uma produção de cana-de-açúcar bastante satisfatória, em torno de 207,4 Mg ha<sup>-1</sup>, comprovando que a irrigação via gotejamento subsuperficial pode ser uma boa alternativa para os produtores da região.

De acordo com Lamm (2003), a utilização do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial no cultivo do milho pode reduzir o consumo de água em torno de 35 a 55% quando comparado com as outras formas tradicionais de irrigação. Camp et al.(1989) avaliaram a irrigação por gotejamento para produção de milho na planície costeira do sudeste dos EUA e constataram que a irrigação por

gotejamento subsuperficial necessitou de menos água para irrigação do que a irrigação por gotejamento superficial.

Uma das limitações da utilização do gotejamento subsuperficial é o seu alto custo inicial (QASSIM, 2003). A irrigação por gotejamento subsuperficial é um sistema fixo, cujo custo elevado pode limitar a sua utilização até mesmo para culturas nobres, com alta capacidade de retorno financeiro. Além disso, exige alto investimento com material específico, como o tubo de parede espessa com sistema anti-sucção de partículas sólidas, que representa importantes custos adicionais (SILVA et al., 2003). Por isso, a análise de viabilidade econômica é indispensável para sua adoção pelos agricultores, ou seja, os custos gerados pelo uso do sistema de irrigação devem ser pagos pelo incremento de produtividade proporcionado pelo fornecimento de água às plantas (FRIZZONE et al., 1994).

### **2.3 Análise de viabilidade econômica**

A demanda por indicadores de eficiência da produção agrícola, em situação de unidade produtiva, tem crescido muito, fato que pode ser confirmado por meio do notório interesse dos agricultores em conhecer o custo de determinada tecnologia e seus resultados, assim como o incremento da receita pelo seu uso (DUARTE, 2008). Ainda de acordo com o autor, na maioria das vezes essa demanda não tem sido atendida, geralmente, devido à falta de levantamento frequente dos sistemas de produção, dos seus custos e dos resultados financeiros proporcionados.

A análise de elementos que envolvem os custos, benefícios e riscos na agricultura irrigada são de grande importância, uma vez que servirá como indicador para a tomada de decisão e alocação dos recursos pelo produtor rural. Estudos relacionados à tecnologia, aos preços dos insumos e à eficiência na alocação dos recursos produtivos formam a base da relação entre custo total e produção. A soma de todos os pagamentos efetuados pelo uso dos recursos e serviços, juntamente com o custo alternativo do emprego dos fatores produtivos constituem o custo total de produção. É necessário ter acesso a informações que sustentem o cálculo do custo como a utilização de determinado método de irrigação, seus componentes e o uso da água (CONAB, 2010).

O custo total de produção agrícola pode ser dividido em custos fixos e variáveis (MAROUELLI E SILVA, 1998; FRIZZONE, 1999). Os custos fixos são

aqueles que ocorrem independentemente do número de horas anuais de operação do sistema de irrigação ( $\text{R\$ ano}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ ). Para obtê-los, utiliza-se o Fator de Recuperação de Capital (FRC), o qual utiliza os juros anuais e fornece um coeficiente que permite, a partir do valor do investimento, calcular o custo fixo anual referente a esse investimento (FRANCISCO, 1991; BERNARDO, 2008). No cálculo dos custos variáveis anuais da irrigação, estão envolvidos os custos de energia, manutenção, mão de obra e custo da água (MAROUELLI E SILVA, 1998; BERNARDO, 2008).

Na análise de investimento de longo prazo onde o retorno somente ocorre a partir de um determinado ponto da vida útil da cultura, a estimativa de investimentos e do custo operacional da irrigação assume grande importância (AFFÉRI et al., 2014). A receita bruta (RB), a receita líquida (RL) e o custo total (CT) são indicadores que avaliam a viabilidade dos investimentos. A receita bruta anual utilizada em uma análise financeira é obtida pela multiplicação da produtividade agrícola pelo preço unitário pago. Assim, a receita bruta será calculada considerando o número de espigas de milho-verde comerciais e o preço da espiga no mercado local. Já a receita líquida (RL) representa o valor obtido com a venda da produção menos os custos totais (FRIZZONE, 2005).

A análise econômica envolvendo diferentes sistemas de irrigação é complexa, uma vez que tem por base uma variedade de fatores que variam constantemente. Ao mesmo tempo, constitui o critério mais adequado à seleção de sistemas de irrigação para uma determinada condição. Entretanto, a análise final deverá considerar uma simples comparação de custos entre cada sistema de irrigação e o valor da cultura irrigada (FRIZZONE, 2004).

O sistema de irrigação para ser considerado economicamente viável é necessário que os benefícios econômicos obtidos, ou seja, as receitas líquidas geradas pela sua utilização sejam positivas e superiores quando comparada a outro sistema de irrigação em estudo ou a produção em sequeiro. Portanto, o benefício monetário gerado pela elevação da produtividade deve ser maior que a elevação no custo de produção ocasionada pela implantação e operacionalização do sistema de irrigação (ARÊDES et al., 2009).

## REFERÊNCIAS

AFFÉRRI, A.; TRENTO, E.; PINTO, R. Como fazer um plano diretor de irrigação de canaviais. Projeto cana pede água. Disponível em: <[www.canapedeagua.com.br](http://www.canapedeagua.com.br)> Acesso em: 14 de Abril, 2016.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; RIBEIRO, V. Q.; DUARTE, J. A. L.; BRAGA, D. L.; NOLETO, D. H. Níveis de água, nitrogênio e potássio por gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 76-84, 2012.

ARÊDES, A. F.; PEREIRA, M. W. G.; GOMES, M. F. M.; RUFINO, J. L. S. Análise econômica da irrigação na cultura do maracujá. **Revista de Economia da UEG**, Anápolis, v. 5, n. 1, p. 66-86, jan./jun., 2009.

AYARS, J. E.; FULTON A.; TAYLOR B. Subsurface drip irrigation in California - Here to stay? **Agricultural Water Management**. 157, 39-47, 2015.

BAR-YOSEF, B., SAGIV, B., MARKOVITCH. Sweet corn response to surface and subsurface trickle phosphorus fertirrigation. **Agronomy journal**, v. 81, p. 443-7, 1989.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MULLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G.. Déficit Hídrico e Produtividade na Cultura do Milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BERGONCI, J. I. B.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A. O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.7, p.949-956, 2001.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Viçosa, MG: UFV 2008. 506 p.

BRITO, L.T.L.; CAVALCANTI, N.B.; SILVA, A.S. E PEREIRA, L.A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. **Engenharia Agrícola**, 32:102-109, 2012.

CALDARELI, C. E.; BACCHI, M.R.P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova economia**, Belo Horizonte, v. 22, n. 1, p. 141-162, 2012.

CALGARO, M.; SIMÕES, W. L.; BRAGA, M. B.; PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; SOUZA, M. A. de; LIMA, J. A. **Influência dos sistemas de irrigação na eficiência**

**de uso da água da cana planta em solo argiloso.** In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. Brasília, DF: ABID, 2014.

CAMP, C. R.; EJ Sadler, WJ Busscher. Subsurface and alternate-middle micro irrigation for the Southeastern Coastal Plain. **Transactions of the ASAE** 32(2):451–456, 1989.

CARDOSO. M, J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B.; Performance de Cultivares de Milho-Verde no Município de Teresina, Piauí, 2011. Comunicado Técnico 227.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos: 5º levantamento**, fevereiro 2016. – Brasília: Conab, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB** – Brasília: Conab, 2010.

DALRI, A. B.; RAIMUNDO L. C. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 516-524, 2008.

DAVIS, R. M.; JUNIOR, G. N.; DAVIS, H. et al. Development aspects of field-to-field variations in selected cataloupe characteristics (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.). **Hilgardia**, v. 38, p. 165-180. 1967.

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

DUARTE, J. O. Seleção do Método de irrigação. In: ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. (Ed.). **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa, Cap. 12, p. 507-527, 2008.

EMBRAPA Milho e Sorgo. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/milho-esorgo/cultivos>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

FRANCISCO, W. **Matemática financeira**. 7ed. São Paulo: Atlas, 1991. 319p

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. C. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em culturas de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 5, n. 1, p. 34-53, 1994.

FRIZZONE, J.A. **Planejamento da irrigação uma abordagem às decisões de investimento**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 110p.



FRIZZONE, J.A. **Seleção de sistemas de irrigação**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2004. 11p.

FRIZZONE, J. A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ/LER, 371p, 2005.

GIL, M.; RODRÍGUEZ-SINOBAS, L.; SÁNCHEZ, R.; AND JUANA, L. Procedures for determining maximum emitter discharge in subsurface drip irrigation. **Journal of irrigation and drainage engineering**, 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774 .0000299, 287–294, 2011.

GOLBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation: a method used under arid desert conditions of high water and soil salinity. **Transactions of the ASAE**, v. 13, p. 38-41, 1970.

HANSON, E. G.; PETTERSON, T. C. Vegetable production and water-use efficiencies as influenced by drip, sprinkler, subsurface, and furrow irrigation methods. In:INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, 2. San Diego, 1974.

HORBE, T. 2014. **Semeadura precisa na cultura do milho**. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/projetoaquarius/index.php/pt/linhas-de-pesquisa/semeaduraprecisana-cultura-do-milho>>. Acesso em 19 de fevereiro de 2016.

HOWELL, T. A.; SCHNEIDER, A. D.; EVETT, S. R. Subsurface and surface microirrigation of corn - southern high plains. **Transactions of the ASAE**, v. 40, n. 3, p. 635-641, 1997.

LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. **Microirrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 2007. 618p.

LAMM, F. R.; TROOIJEN, T. P. Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. **Irrigation science**, v.22, iss.3, p.195-200, 2003.

LAZAROVITCH, N.; SHANI, U.; THOMPSON, T.; AND WARRICK. Soil hydraulic properties affecting discharge uniformity of gravity-fed subsurface drip irrigation systems. **Journal irrigation and drainage engineering**, 10.1061/(ASCE) 0733-9437(2006)132:6(531), 531–536, 2006.

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.

MARQUELLI, W. A.; COSTA LAGE, D. A.; GRAVINA, C. S.; MICHEREFF FILHO, M.; SOUZA, R. B. Irrigação por aspersão e gotejamento em tomateiro orgânico em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 825-833, out-dez, 2013.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento. Brasília: Embrapa Hortaliças. (Embrapa Hortaliças. **Circular Técnica**, 30), 2002.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças. Brasília: Embrapa hortaliças. (Embrapa Hortaliças. **Circular técnica** 11), 1998.

MARTÍNEZ, J.; RECA, J. Water use efficiency of surface drip irrigation versus an alternative subsurface drip irrigation method. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v. 140, iss. 10, pg. 4014030, 2014.

MOREIRA, J. A. A. et al. **Efeito de Diferentes Métodos de Manejo da Irrigação Sobre a Lâmina de Água, Número de Irrigações e Parâmetros de Rendimento de Milho-Verde**. XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia.

NASCIMENTO, F. N.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q. Parâmetros fisiológicos e produtividade de espigas verdes de milho sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.2, p. 167-181, 2015.

NEUFELD, J. Water conservation with subsurface drip irrigation. In: SYMPOSIUM IN COLLEGE OF SOUTHERN, Idaho. **Proceedings**, p.18-22, 2001.

PHENE, C. J. Advantages of subsurface irrigation for processing tomatoes. **Acta horticulturae**,v.200, p.101-14, 1987.

PHENE, C. J. Nitrate management of wastewater with subsurface drip irrigation. **Southern water and soil**, Tampa, v.12, n. 1, p. 52-58, 2005.

PROVENZANO, G. Using HYDRUS-2D simulation model to evaluate wetted soil volume in subsurface drip irrigation systems. **Journal of irrigation and drainage engineering**, 10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(342), 342–349, 2007.

QASSIM, A. **Subsurface irrigation: a situation analysis**. Published by Water Conservation and Use in Agriculture Jan. 2003. Disponível em: <[http://www.wca-infonet.org/cds\\_upload/1058151636725\\_SUBSURFACE\\_IRRIGATION.pdf](http://www.wca-infonet.org/cds_upload/1058151636725_SUBSURFACE_IRRIGATION.pdf)>. Acesso em: 26/12/2016.

SILVA, A.L.; FARIA, M. A.; REIS, R. P.. Technical and economical viability of the use of drip irrigation system in coffee crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.37-44, 2003.

SILVA, M. R. R.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H. & SANCHES, A. C. Influência da irrigação e cobertura morta do solo sobre as características agronômicas e produtividade de milho. **Irriga**, 170-180, 2012. (Edição Especial).

SOUSA, R. S., BASTOS, E. A., CARDOSO, M. J., RIBEIRO, V. Q., BRITO, R. R. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob déficit hídrico. **Revista brasileira de milho e sorgo**, v. 14, n. 1, p. 49-60, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

VAZIRI, C. M.; GIBSON, W. Subsurface and drip irrigation for Hawaiian sugarcane. Ln: REPORT HAWAIIAN SUGAR TECHNOLOGY ANNUAL CONFERENCE, Honolulu, 1972. **Proceedings**. Honolulu: Hawaiian Sugar Planters Assoc., 1972.

ZETZSEN, J. B.; NEWMAN, J. S. Subirrigation with plastic pipe. **Agricultural Engineering**, v. 47, n. 1, p. 74-75, 1966.

# **CAPÍTULO 1**

**DESEMPENHO PRODUTIVO E PARÂMETROS MORFOLÓGICOS DO MILHO-  
VERDE IRRIGADO POR GOTEJAMENTO EM TERESINA-PI**

## RESUMO

### **Desempenho produtivo e parâmetros morfológicos do milho-verde irrigado por gotejamento em Teresina-PI**

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e parâmetros morfológicos do milho-verde utilizando-se sistema de irrigação por gotejamento e diferentes arranjos de plantas aliado à fertirrigação em Teresina-PI. O experimento foi conduzido no Colégio Técnico de Teresina – CTT/UFPI no período de novembro de 2015 a janeiro de 2016. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial  $[(2 \times 2 \times 2) + 2]$ , com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de dois sistemas de irrigação, gotejamento superficial e subsuperficial; dois arranjos de plantio, fileira simples e dupla; duas formas de adubação, fertirrigação e adubação convencional. Além dos tratamentos convencionais, adotou-se também como forma de comparação ao sistema convencional de cultivo, duas testemunhas com sistema de irrigação por aspersão convencional, sendo uma com fileira simples e outra com fileira dupla de plantio utilizando-se a adubação convencional para ambas. Foram avaliadas a produtividade de espigas comerciais empalhadas e despalhadas por hectare, o comprimento de espigas empalhadas e despalhadas, diâmetro de espigas empalhadas e despalhadas e parâmetros relacionados à planta como altura da planta e altura de inserção da espiga. O sistema de irrigação por gotejamento superficial apresentou melhores resultados para altura de planta e produtividade de espigas comerciais despalhadas. O arranjo em fileira simples apresentou valores superiores ao arranjo em fileira dupla em todos os parâmetros estudados. A utilização da fertirrigação apresentou melhores resultados quando comparado à adubação convencional para os parâmetros altura de planta, altura de inserção da espiga e produtividade de espigas comerciais despalhadas.

Palavras-chave: *Zea mays*, arranjo de plantas, gotejamento subsuperficial, fertirrigação.

## ABSTRACT

### **Productive performance and morphological parameters of drip irrigated green corn in Teresina-PI**

The objective of this work was to evaluate the productive performance and morphological parameters of green corn using a drip irrigation system and different plant arrangement allied to fertirrigation in Teresina-PI. The experiment was conducted at the Technical College of Teresina - CTT / UFPI from November 2015 to January 2016. The experimental design was a randomized complete block design (2 x 2 x 2) + 2, with four replications. The treatments consisted of two irrigation systems, surface and subsurface drip irrigation; two planting arrangements, single and double row; two forms of fertilization, fertigation and conventional fertilization. In addition to the conventional treatments, two controls with conventional sprinkler irrigation system were also used as a way of comparison to the conventional system of cultivation, being one with single row and one with double row of planting using conventional fertilization for both. The productivity of mulched and without straw commercial ears per hectare, length of dewormed and debris ears, diameter of dewormed and stalked ears, and plant - related parameters such as plant height and ear insertion height were evaluated. The surface drip irrigation system presented better results for plant height and yield of commercial spindles. The simple row arrangement presented higher values than the double row arrangement in all parameters studied. The use of fertirrigation presented better results when compared to the conventional fertilization for the parameters plant height, spike insertion height and yield of commercial spindles without straw.

Key words: *Zea mays*, plant arrangement, subsurface drip, fertigation.

## 1 INTRODUÇÃO

O milho colhido no estágio verde é comercializado em todo o Brasil para o consumo de espigas na forma in natura ou utilizadas em processos industriais. Embora não se disponha de dados atualizados sobre a produção de milho-verde no Brasil, sabe-se que sua produção vem crescendo por apresentar maior valor agregado, pois na forma verde os preços pagos são superiores aos pagos na forma de grãos secos além de gerar mais empregos.

No Piauí, o milho-verde é cultivado praticamente em todos os municípios. O rendimento médio da cultura nesse estado é extremamente baixo, tendo como principais causas: a escolha inadequada das variedades cultivadas, uso inadequado do sistema e manejo de irrigação, a escolha incorreta da densidade e arranjo de plantas, a ausência ou a baixa eficiência da utilização da adubação.

A região de Teresina-PI é caracterizada pela grande variabilidade espaço-temporal das precipitações pluviométricas. Esta variabilidade poderá restringir o desenvolvimento da cultura do milho, mas com a utilização adequada da irrigação poderá melhorar o rendimento e minimizar os riscos durante o processo de produção (BORIN et al., 2010). Dessa forma, em regiões com intensa e frequente ocorrência de deficiência hídrica é relevante avaliar a importância da irrigação e o desempenho de sistemas que tornem o cultivo de milho-verde menos dependente do regime de precipitação pluvial.

A escolha do sistema de irrigação mais adequado deve considerar diversos fatores, dentre esses, destacam-se: o tamanho da área cultivada, o custo do equipamento, a topografia, o tipo de solo, as disponibilidades de água, energia e mão de obra, aspectos ambientais e a sua praticidade de manejo (BERGAMASCHI et al., 2004; MATZENAUER et al., 2002). O uso da irrigação localizada destaca-se pela adaptação a diversas condições de solo e topografia, além de poder ser totalmente automatizado. Outra vantagem deste método é a possibilidade de realização da adubação por meio da fertirrigação, que consiste na aplicação de fertilizantes via água da irrigação. Devido aos altos custos dos adubos, produtores rurais vêm adotando cada vez mais a fertirrigação, que além de reduzir os custos com mão de obra também proporciona uma maior eficiência na disponibilidade de nutrientes para as plantas.

A irrigação localizada apresenta diversos sistemas, dentre eles a microaspersão, o gotejamento superficial e subsuperficial. A irrigação por gotejamento subsuperficial é uma tecnologia bastante promissora principalmente em áreas em que há escassez de recursos hídricos, tendo como uma das principais características a redução das perdas por evaporação, uma vez que as camadas superiores permanecem secas proporcionando um acréscimo na eficiência do uso da água e redução no consumo de energia (LAMM et al., 2007; NEUFELD, 2001).

No Brasil, estudos sobre a produção de milho-verde irrigado por gotejamento, ainda são incipientes, especialmente no Estado do Piauí, tanto no aspecto do manejo adequado quanto na análise dos custos do sistema de irrigação. A irrigação por gotejamento caracteriza-se por apresentar um alto custo inicial de implantação, e uma das formas de proporcionar uma redução nesses custos é a alteração no arranjo de plantio que pode permitir a diminuição do número de linhas laterais na área por meio da utilização, por exemplo, de uma única linha lateral para duas fileiras de plantas. Além disso, a alteração no arranjo de plantas poderá possibilitar maior eficiência no uso da água, bem como maior interceptação da luz disponível, quando comparado aos espaçamentos convencionalmente utilizado entre plantas de milho.

Por causa das poucas pesquisas técnicas-científicas relacionadas ao processo de produção de milho-verde adaptado a regiões com longos períodos de escassez de água, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo e parâmetros morfológicos do milho-verde utilizando-se sistema de irrigação por gotejamento e diferentes arranjos de plantas aliado à fertirrigação no município de Teresina, Piauí.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de novembro de 2015 a janeiro de 2016, na área experimental do Colégio Técnico de Teresina (CTT) da Universidade Federal do Piauí, Campus Socopo, no município de Teresina/PI, (05° 05' 21" S; 42° 48' 07" W e 74 m de altitude). O clima do município, de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,2% da evapotranspiração potencial no trimestre setembro – outubro – novembro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). As chuvas se concentram entre os meses de janeiro e abril, com precipitação média de 1393,2 mm, temperatura média do ar de 27,1 °C e umidade relativa média do ar de 70% (INMET, 2009).

O solo da área experimental é do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, textura arenosa e relevo suave ondulado (CORDEIRO, 2003). A caracterização físico-química do solo da área experimental foi realizada conforme metodologia apresentada pelo manual elaborado pela Embrapa/CNPS (2011). As amostras foram coletadas na área experimental nas profundidades de 0 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m. As análises foram realizadas no Laboratório de Solo e Água da Embrapa Meio-Norte/Parnaíba, PI, sendo os resultados apresentados na Tabela 1 e Tabela 2.

**Tabela 1** - Características químicas do solo da área experimental. Teresina, 2015

Características químicas							
MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al
g kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	Mg dm <sup>-3</sup>	-----Cmo <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				
Profundidade 0,00 – 0,10 m							
6,74	6,1	8,5	1,4	2,13	0,75	0,03	0,04
Profundidade 0,10 – 0,20 m							
2,63	6,0	10,0	1	1,71	0,49	0,03	0,00

Fonte: Laboratório de Solo e Água, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba.

**Tabela 2** - Características físicas do solo da área experimental. Teresina, 2015

Composição granulométrica (%)				Classe textural	Densidade do solo (kg m <sup>-3</sup> )	CC (% massa)	PMP (% massa)
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila				
Profundidade 0,00 – 0,10 m							
57,0	28,95	6,45	7,60	Areia franca	1400	14,5	2,6
Profundidade 0,10 – 0,20 m							
66,45	19,15	4,80	9,60	Areia franca	1630	16,0	3,0

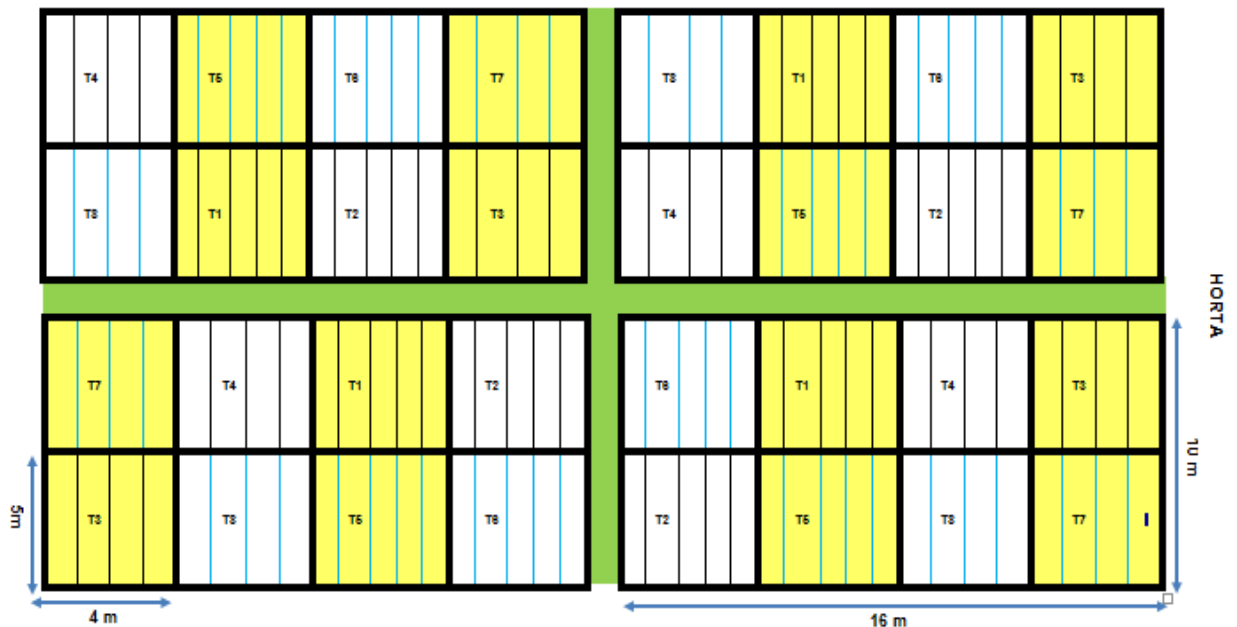
Fonte: Laboratório de Solo e Água, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba. CC – Capacidade de campo; PMP – Ponto de murcha permanente.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial [(2 x 2 x 2) + 2], com quatro repetições, sendo os seguintes fatores: sistema de irrigação (gotejamento superficial ou gotejamento subsuperficial), arranjo de plantio (fileira simples ou fileira dupla) e forma de adubação (fertirrigação ou adubação convencional). Como forma de comparação ao método tradicional utilizado pelos produtores da região, adotou-se duas testemunhas que utilizava como sistema de irrigação a aspersão convencional, dois arranjos de plantio e adubação convencional para ambas. A parcela experimental media quatro metros de largura por cinco metros de comprimento. Os tratamentos foram compostos de acordo com a Tabela 3.

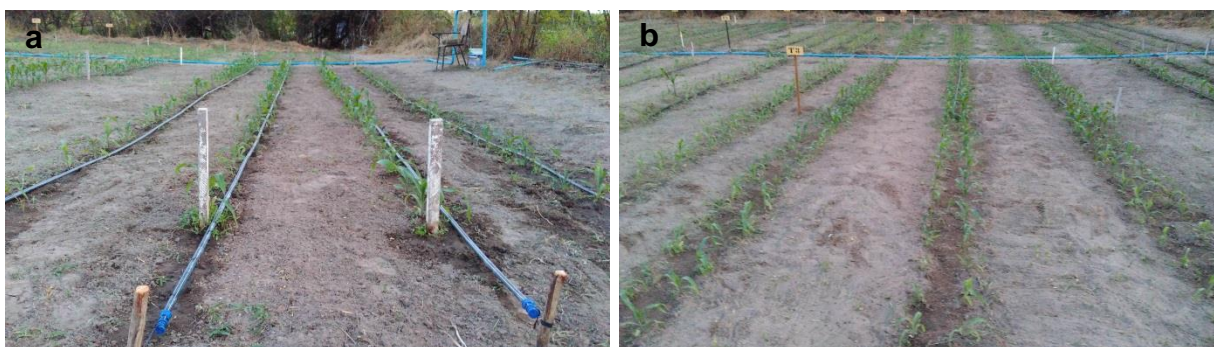
**Tabela 3** - Descrição dos tratamentos em função do sistema de irrigação, arranjo de plantas e forma de adubação. Teresina, 2016

Tratamentos		Fatores		
		Irrigação	Arranjo	Adubação
T1	SsF	Gotejamento superficial	Fileira simples	Fertirrigado
T2	SsC	Gotejamento superficial	Fileira simples	Convencional
T3	SdF	Gotejamento superficial	Fileira dupla	Fertirrigado
T4	SdC	Gotejamento superficial	Fileira dupla	Convencional
T5	EsF	Gotejamento subsuperficial	Fileira simples	Fertirrigado
T6	EsC	Gotejamento subsuperficial	Fileira simples	Convencional
T7	EdF	Gotejamento subsuperficial	Fileira dupla	Fertirrigado
T8	EdC	Gotejamento subsuperficial	Fileira dupla	Convencional
	AsC	Aspersão convencional	Fileira simples	Convencional
	AdC	Aspersão convencional	Fileira dupla	Convencional

Na Figura 1, pode-se visualizar o croqui do sistema de irrigação por gotejamento da área experimental. Tal sistema apresentava 56 linhas laterais, sendo uma linha lateral para cada linha de plantio ou uma linha lateral para cada fileira dupla de plantio, com comprimento de 10 m e emissores espaçados de 0,2 m, operando com uma vazão de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$  e pressão de 9 mca. Considerou-se o valor de 90% para a eficiência do sistema de irrigação por gotejamento, tanto para o superficial como para o subsuperficial. Os espaçamentos entre as linhas de tubo gotejador foram determinados conforme o arranjo de plantio, sendo 0,75 m para arranjo em fileira simples e 1,5 m para arranjo em fileira dupla (Figura 2)



**Figura 1** - Croqui do sistema de irrigação da área experimental relativo aos tratamentos com irrigação por gotejamento.



**Figura 2** - Sistema de irrigação por gotejamento em arranjo fileira simples (a), sistema de irrigação por gotejamento em arranjo fileira dupla (b).

Nos tratamentos com gotejamento subsuperficial foram utilizados tubos gotejadores autocompensantes de parede espessa com sistema anti-sifão que impedem a sucção de partículas de solo e também possui um mecanismo de proteção contra intrusão radicular. Já nos tratamentos com gotejamento superficial, foram utilizados tubos gotejadores de parede delgada.

Em área próxima e com características edafoclimáticas semelhante à anterior, foram implantadas as testemunhas utilizando-se o sistema de irrigação por aspersão convencional com emissores espaçados de 12 m, vazão de  $597 \text{ L h}^{-1}$  funcionando a uma pressão de 20 mca.

Os arranjos de plantio utilizados foram: fileiras duplas ( $1,2 \times 0,3 \times 0,3 \text{ m}$ ) sendo 1,2 m entre fileiras duplas, 0,3 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas, possuindo uma linha lateral de irrigação para as duas fileiras de plantas. Nos tratamentos com fileira simples foi utilizado o espaçamento  $0,75 \times 0,30 \text{ m}$ , sendo 0,75 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas, possuindo uma linha lateral de irrigação para cada fileira de planta.

O preparo do solo foi realizado por meio de gradagem. Em seguida foram abertos sulcos com profundidade de 0,20 m. Os sulcos foram abertos para as seguintes finalidades: somente para a realização da adubação convencional de plantio, somente para a instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial ou para adubação convencional de plantio e instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (Figura 3). Os mesmos foram feitos manualmente, totalizando 84 sulcos com cinco metros de comprimento. Não foram abertos sulcos para os tratamentos com irrigação por gotejamento superficial com fertirrigação.



**Figura 3** – Abertura dos sulcos para instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (a). Implantação do sistema de irrigação (b).

A adubação foi realizada de acordo com o resultado da análise química do solo e a necessidade da cultura. Como fonte de nitrogênio e potássio foram utilizados a ureia e o cloreto de potássio, respectivamente, tanto na adubação convencional como na fertirrigação. Como fonte de fósforo foi utilizado o superfosfato simples na adubação convencional e o MAP (fosfato monoamônico) na fertirrigação. No total foram utilizados  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  tanto na adubação convencional como na fertirrigação.

A adubação convencional foi parcelada em três aplicações sendo a adubação fosfata realizada toda no plantio, a adubação nitrogenada parcelada em três vezes, uma no plantio e duas em cobertura e a adubação potássica parcelada em duas vezes, uma no plantio e uma em cobertura. Na adubação de plantio foram aplicadas as seguintes quantidades:  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . A primeira adubação de cobertura foi realizada quando as plantas apresentavam seis folhas completamente desenvolvidas e a segunda quando as plantas apresentavam doze folhas completamente desenvolvidas. Em cada adubação de cobertura foram aplicadas:  $77,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Nos tratamentos relacionados à fertirrigação foram utilizadas as mesmas quantidades de adubo, sendo o total recomendado parcelado em quatro partes iguais, com a primeira aplicação realizada aos 10 dias após a semeadura e as outras três em intervalos de 10 dias.

A área experimental de  $0,064 \text{ ha}$  foi cultivada com a cultura do milho, híbrido duplo, semiprecoce AG – 1051, com alta resistência ao acamamento, desenvolvido para produção de grãos, silagens e espigas verdes (Castro, 2010). O plantio foi realizado no dia 15 de novembro de 2015 e a colheita no dia 30 de janeiro de 2016, totalizando um ciclo de 77 dias.

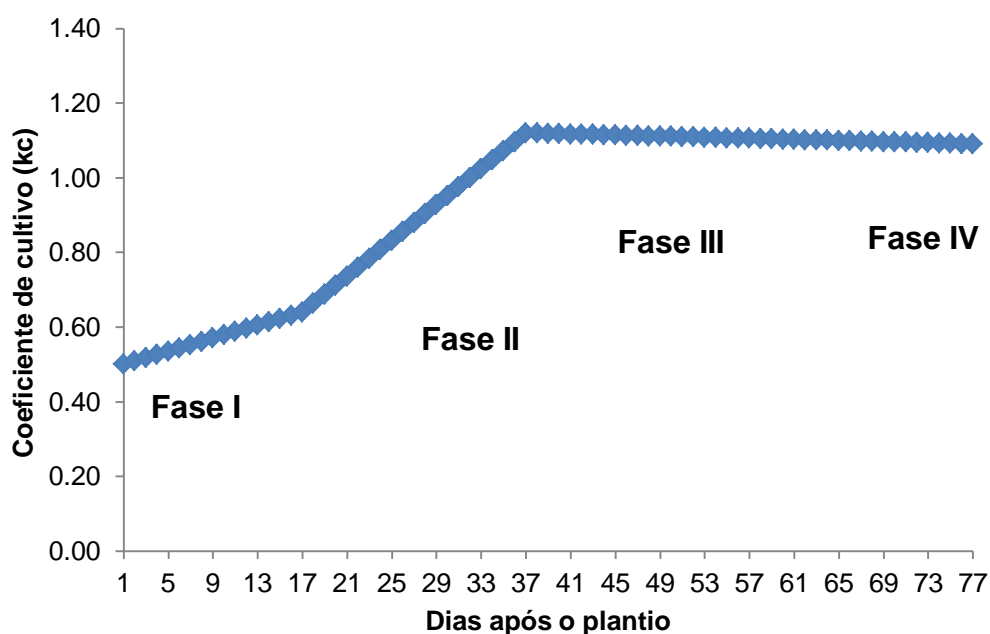
A sementeira foi realizada utilizando-se uma semente por cova, resultando em uma população de aproximadamente 44444 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . O controle das plantas invasoras foi realizado por meio de capinas manual e uma aplicação de herbicida seletivo para a cultura do milho com princípio ativo tembotriona. O controle de insetos pragas foi realizado somente na testemunha por meio de uma aplicação de inseticidas com princípio ativo deltametrina.

A irrigação foi realizada diariamente e a lâmina de irrigação baseada nos valores de evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), calculada através do produto entre a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ). A  $ET_o$  foi calculada de acordo com o método de Penman-Monteith. Os coeficientes de cultivo utilizados para cada fase fenológica da cultura foram os determinados por Santos et al. (2014), apresentados na Tabela 4. Adotou-se uma variação linear do  $K_c$  entre o início de uma fase fenológica e outra (Figura 4).

**Tabela 4** - Coeficientes de cultivos ( $K_c$ ) para as diferentes fases fenológicas do milho-verde.

Fases	Duração (dias)	$K_c^*$
I	16	0,50
II	20	0,64
III	27	1,12
IV	14	1,11

Fonte: Santos et al (2014)



**Figura 4** - Distribuição do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) durante o ciclo da cultura do milho verde

O tempo de irrigação foi calculado em função da lâmina a ser aplicada, conforme a intensidade de aplicação de água do sistema, que foi obtido por meio do quociente entre a vazão da linha lateral e a área molhada pela mesma. Considerando a diferença de vazão e área molhada entre os sistemas, os mesmos apresentaram uma intensidade de aplicação de 4,14 mm h<sup>-1</sup> e 16 mm h<sup>-1</sup> para o sistema de irrigação por aspersão e gotejamento, respectivamente. Para o cálculo da lâmina bruta considerou-se a eficiência do sistema de irrigação por aspersão convencional de 75% e irrigação por gotejamento 90%. Antes do plantio foram efetuadas irrigações em toda a área experimental, com a finalidade de uniformizar o teor de água no solo, elevando-o para próximo à capacidade de campo.

As avaliações foram feitas nas duas fileiras centrais de cada parcela experimental, utilizando-se as fileiras laterais como bordadura, desconsiderando as duas últimas plantas no início e no final da fileira. As espigas da área útil foram colhidas quando atingiram o ponto de milho-verde que consiste no estágio em que 50% das espigas da área considerada atingiram o estágio de grão leitoso com cerca de 70 a 80% de umidade (CARDOSO et al., 2011).

As avaliações foram realizadas em todas as plantas da área útil de cada unidade experimental totalizando 24 plantas. Foram avaliados os seguintes parâmetros relacionados ao desempenho produtivo e características morfológicas:

- i) número de espigas comerciais por hectare (NEC) - espigas que apresentaram comprimento de granação superior a 15 cm, livre de danos de insetos e diâmetro superior a 3,0 cm. (ALBUQUERQUE et al., 2008);
- ii) índice de espigas comerciais por planta (IECP) - calculado através da razão entre o número de espigas comerciais e a população de plantas;
- iii) Produtividade de espigas comerciais empalhadas (PECE) e despalhadas (PECD);
- iv) comprimento de espiga empalhada (CEE) - comprimento da base da espiga empalhada até a extremidade final;
- v) comprimento de espiga despalhada (CED) - comprimento da base da espiga até o término da granação;
- vi) diâmetro de espiga empalhada (DEE) - diâmetro da porção 1/3 partindo da base da espiga empalhada;

- vii) diâmetro de espiga despalhada (DED) - diâmetro da porção 1/3 partindo da base da espiga despalhada;
- viii) altura de inserção da espiga (AIE) - distância média entre a superfície do solo e a base da primeira espiga;
- ix) altura da planta (ALP) - distância média entre a superfície do solo e a base do pendão.

Os dados obtidos relacionados ao rendimento e parâmetros morfológicos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância com auxílio do programa de estatística Assistat®.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irrigação por gotejamento na cultura do milho verde, tanto superficial quanto subsuperficial, resultou na aplicação de uma lâmina de irrigação 17,77% inferior à lâmina aplicada na irrigação por aspersão convencional, sendo o total de água aplicada durante todo o ciclo da cultura correspondendo a 345,30 mm e 419,97 mm para os tratamentos com aspersão convencional. A precipitação pluviométrica totalizou 267,2 mm, concentrando-se principalmente no mês de janeiro onde as plantas apresentavam-se no estágio de floração e formação do grão.

Durante o experimento foi realizado o monitoramento da umidade do solo sempre o mantendo próximo à capacidade de campo. A uniformidade de distribuição de água no solo foi comprovada através da realização do teste para a determinação coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), seguindo a metodologia de Merriam e Keller (1978). De acordo com a classificação elaborada por Mantovani (2001) a uniformidade de distribuição de água no solo foi considerada excelente apresentando valores superiores a 84%. Isso demonstra que a demanda hídrica da planta durante a realização do experimento foi atendida independentemente do sistema de irrigação e do arranjo de plantio.

De acordo com a análise de variância (Tabela 26), os parâmetros: produtividade de espigas comerciais empalhadas e despalhadas, número de espigas comerciais, comprimento de espiga empalhada e despalhada, diâmetro de espiga empalhada e despalhada, altura de planta e altura de inserção da espiga apresentaram diferenças significativas estatisticamente entre os tratamentos pelo teste F a 1% ou 5% de probabilidade. Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os fatores sistema de irrigação e arranjo de plantio para os parâmetros produtividade de espigas comerciais empalhadas e despalhadas com 1% de probabilidade pelo teste F. Também houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os fatores arranjo de plantio e método de adubação para o parâmetro altura de inserção da espiga com 1% de probabilidade pelo teste F.

A diferença foi significativa estatisticamente ( $p < 0,05$ ) para o arranjo de plantas em todos os parâmetros produtivos analisados (Tabela 5). Para produtividade de espiga comercial empalhada, houve diferença significativa apenas no arranjo de plantio, sendo o arranjo em fileira simples superior ao arranjo em fileira dupla, apresentando uma média de 12190,3 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 5** - Teste de comparação de média para os seguintes parâmetros: produtividade de espigas comerciais empalhadas (PECE), produtividade de espigas comerciais despalhadas (PECD) e número de espigas comerciais (NEC). Teresina, 2016

Fatores	Parâmetros produtivos		
	PECE (kg ha <sup>-1</sup> )	PECD (kg ha <sup>-1</sup> )	NEC
Got. superficial	10378,89 <sup>a</sup>	7062,70 <sup>a</sup>	31250,00 <sup>a</sup>
Got. subsuperficial	9341,05 <sup>a</sup>	6299,46 <sup>b</sup>	28240,74 <sup>a</sup>
Fileira simples	12190,30 <sup>a</sup>	8200,16 <sup>a</sup>	35532,41 <sup>a</sup>
Fileira dupla	7529,64 <sup>b</sup>	5162,01 <sup>b</sup>	23958,33 <sup>b</sup>
Fertirrigado	10063,79 <sup>a</sup>	6939,83 <sup>a</sup>	30324,07 <sup>a</sup>
Aduv. convencional	9656,16 <sup>a</sup>	6422,34 <sup>b</sup>	29166,67 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna em cada fator não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para produtividade de espiga comercial despalhada, houve diferença significativa para sistema de irrigação, arranjo de plantio e método de adubação. O sistema de irrigação por gotejamento superficial apresentou uma média de 7062,7 kg ha<sup>-1</sup>, sendo este valor superior ao gotejamento subsuperficial, que apresentou uma média de 6299,46 kg ha<sup>-1</sup>. O arranjo em fileira simples apresentou valores superiores ao arranjo em fileira dupla, apresentando uma média de 8200,16 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que o arranjo em fileira dupla apresentou uma média de apenas 5162,01 kg ha<sup>-1</sup>. Quanto ao método de adubação, a fertirrigação apresentou uma média de 6939,83 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que a adubação convencional apresentou uma média de 6422,34 kg ha<sup>-1</sup>.

Para o número de espigas comerciais, constatou-se que houve influência apenas do arranjo de plantio. O maior número de espigas comerciais foi obtido para os tratamentos com arranjo em fileira simples apresentando uma média de 35532,41 espigas comerciais por hectare. De forma contrária Brachtvogel (2008), em trabalho realizado utilizando-se o sistema de irrigação por aspersão convencional, não encontrou diferenças significativas para número de espigas e índice de espigas quando houve alteração no arranjo de plantas.

Para a produtividade de espiga comercial empalhada houve interação significativa entre os sistemas de irrigação e arranjos de plantio (Tabela 6). A utilização do sistema de irrigação por gotejamento superficial com arranjo de plantas em fileira simples obteve o maior rendimento de espigas comerciais empalhadas com média de 13354,72 kg ha<sup>-1</sup>. Quando utilizado o arranjo em fileira simples a irrigação por gotejamento subsuperficial apresentou um rendimento 11025,88 kg ha<sup>-1</sup>, sendo nesta situação o menos indicado. Porém, quando se opta pela utilização do

arranjo em fileira dupla, os sistemas de irrigação não diferiram significativamente entre si.

**Tabela 6** - Desdobramento da interação entre os fatores sistema de irrigação e arranjo de planta para produtividade de espiga comercial empalhada. Teresina, 2016

Sistema de irrigação	Arranjo	
	Fileira simples	Fileira dupla
Gotejamento superficial	13354,72 <sup>Aa</sup>	7403,06 <sup>aB</sup>
Gotejamento subsuperficial	11025,88 <sup>bA</sup>	7656,22 <sup>aB</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, e por mesma letra maiúscula, nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação à produtividade de espigas comerciais despalhadas também houve interação significativa entre os sistemas de irrigação e arranjos de plantas (Tabela 7), apresentando resultados semelhantes à produtividade de espigas comerciais empalhadas o que demonstra uma estreita relação entre estes parâmetros.

**Tabela 7** - Desdobramento da interação entre os sistemas de irrigação e arranjo de planta para produtividade de espiga comercial despalhada. Teresina, 2016

Sistema de irrigação	Arranjo	
	Fileira simples	Fileira dupla
Gotejamento superficial	9030,01 <sup>aA</sup>	5095,39 <sup>aB</sup>
Gotejamento subsuperficial	7370,30 <sup>bA</sup>	5228,63 <sup>aB</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, e por mesma letra maiúscula, nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A utilização do sistema de irrigação por gotejamento superficial com arranjo de plantas em fileira simples apresentou o maior rendimento de espigas comerciais despalhadas, com um rendimento médio de 9030,01 kg ha<sup>-1</sup>. Quando utilizada a irrigação por gotejamento subsuperficial o arranjo em fileira simples apresentou resultados também superiores estatisticamente em relação ao arranjo em fileira dupla, com rendimento médio de 7370,30 kg ha<sup>-1</sup>. Em relação aos arranjos de plantio, quando se opta pelo arranjo em fileira simples, o sistema de irrigação por gotejamento superficial proporcionou rendimento superior ao gotejamento subsuperficial. Já quando se opta pela utilização do arranjo em fileira dupla, não há diferença significativa nas combinações com sistemas de irrigação.

Na Tabela 8, são apresentados os testes de comparação de médias entre os tratamentos analisados para produtividade de espigas comerciais empalhadas e despalhadas, número de espigas comerciais. Os tratamentos com irrigação por gotejamento superficial em arranjo fileira simples com fertirrigação (SsF) e com

gotejamento superficial em fileira simples com adubação convencional (SsC) foram superiores estatisticamente aos demais tratamentos apresentando os maiores valores para produtividade de espigas comerciais empalhadas e número de espigas comerciais. Para produtividade de espiga comercial despalha o tratamento (SsF) foi estatisticamente superior aos demais.

Para produtividade de espigas comerciais empalhadas, estes valores foram superiores ao encontrado por Santos et al. (2012) em experimento realizado no município de Mossoró-RN com uma população de plantas de 66667 plantas ha<sup>-1</sup> irrigado por gotejamento superficial, eles obtiveram um rendimento de 12239 kg ha<sup>-1</sup>. No entanto, para produtividade de espigas comerciais despalhadas os valores obtidos por estes mesmos autores foram superiores aos obtidos neste trabalho, apresentando um rendimento médio de 11615 kg ha<sup>-1</sup>.

Os tratamentos SdF, SdC, EdF e EdC apresentaram os piores resultados para produtividade de espiga empalhada e despalhada e número de espigas comerciais.

**Tabela 8** - Produtividade de espigas comerciais empalhadas (PECE), peso de espigas comerciais despalhadas (PECD), número de espigas comerciais (NEC) e índice de espigas comerciais por planta (IECP) em função do tratamento. Teresina, 2016

Tratamentos	PECE	PECD	NEC	IECP
SsF	14164,8 <sup>a</sup>	9743,8 <sup>a</sup>	40278 <sup>a</sup>	0,90 <sup>a</sup>
SsC	12544,6 <sup>a</sup>	8316,2 <sup>b</sup>	36574 <sup>a</sup>	0,82 <sup>a</sup>
SdF	7667,4 <sup>c</sup>	5378,5 <sup>c</sup>	25463 <sup>c</sup>	0,57 <sup>c</sup>
SdC	7138,8 <sup>c</sup>	4812,2 <sup>c</sup>	22685 <sup>c</sup>	0,51 <sup>c</sup>
EsF	11292,9 <sup>b</sup>	7631,4 <sup>b</sup>	32870 <sup>b</sup>	0,73 <sup>b</sup>
EsC	10758,9 <sup>b</sup>	7109,2 <sup>b</sup>	32407 <sup>b</sup>	0,72 <sup>b</sup>
EdF	7130,0 <sup>c</sup>	5005,5 <sup>c</sup>	22685 <sup>c</sup>	0,51 <sup>c</sup>
EdC	8182,4 <sup>c</sup>	5451,7 <sup>c</sup>	25000 <sup>c</sup>	0,56 <sup>c</sup>

NEC – Número de espigas comerciais por hectare; IECP – Índice de espigas comerciais por planta. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Constata-se que os tratamentos com arranjo em fileira dupla apresentaram valores estatisticamente inferiores aos tratamentos com arranjo em fileira simples, principalmente em relação à produtividade de espigas empalhadas e despalhadas, que neste caso foi reduzido praticamente pela metade quando se utilizou o arranjo de plantio em fileira dupla. Para a produção de milho-verde é desejável um maior produtividade de espigas, pois estas serão mais facilmente comercializadas.

Cardoso et al. (2011) em experimento realizado no município de Teresina-PI utilizando o sistema de irrigação por aspersão convencional encontraram valores

semelhantes aos encontrados neste trabalho para os parâmetros número de espigas comerciais e índice de espigas comerciais, obtendo um valor médio de 42800 espigas ha<sup>-1</sup> e 0,85, respectivamente, para uma população de 50000 plantas por hectare. Valores semelhantes a estes também foram encontrados por Rocha (2008) no município de Teresina-PI em experimento que analisava diferentes populações de plantas.

Na Tabela 9, é apresentado a porcentagem de cada tratamento em relação à testemunha para o desempenho produtivo. Neste caso, os tratamentos em fileira simples foram comparados com a testemunha em fileira simples e os tratamentos em fileira dupla foram comparados com a testemunha em fileira dupla. No parâmetro produtividade de espiga comercial empalhada, os tratamentos SsF, SsC, EsF e EdC apresentaram valores superiores a testemunha. O tratamento SsF apresentou o maior rendimento, sendo superior em 27,9% em relação a testemunha. Já os tratamentos SdC e EdF, apresentaram os menores valores quando comparado com a testemunha, apresentando produtividade de espiga comerciais empalhadas de 21,74% e 21,84% inferior a testemunha, respectivamente.

No parâmetro produtividade de espigas comerciais despalhadas, os tratamentos SsF, SsC, EsF e EsC foram superiores à testemunha. O tratamento SsF destaca-se por apresentar o maior produtividade de espigas comerciais despalhadas em relação a testemunha, sendo 37,56% superior a mesma. Já os tratamentos SdC e EdF, apresentaram os menores valores em relação a testemunha, sendo 16,63% e 13,28% inferiores a testemunha, respectivamente.

**Tabela 9** - Comparação em percentual dos tratamentos em relação à testemunha do desempenho produtivo: produtividade de espigas comerciais empalhadas (PECE), produtividade de espigas comerciais despalhadas (PECD) e número de espigas comerciais (NEC). Teresina, 2016

Tratamentos	Desempenho produtivo		
	PECE (%)	PECD (%)	NEC (%)
SsF	27,90	37,56	6,09
SsC	13,27	17,41	-3,65
SdF	-15,94	-6,82	-23,61
SdC	-21,74	-16,63	-31,94
EsF	1,97	7,74	-13,41
EsC	-2,85	0,37	-14,63
EdF	-21,84	-13,28	-31,94
EdC	10,30	-5,50	-25,00

Em relação ao número de espigas comerciais, apenas o tratamento SsF apresentou valor superior à testemunha, com número de espigas 6,09% superior à

testemunha. Já os tratamentos SdC e EdF, apresentaram os piores resultados em relação a testemunha, com o número de espigas 31,94% inferior a testemunha, para ambos tratamentos.

Na Tabela 10, são apresentados os testes de médias entre os tratamentos para os parâmetros morfológicos: comprimento de espigas empalhadas e despalhadas, diâmetro de espigas empalhadas e despalhadas, altura de plantas e altura de inserção das espigas. Não houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos para os parâmetros comprimento de espigas empalhadas e despalhadas.

**Tabela 10** - Teste de médias entre os tratamentos para os parâmetros morfológicos: comprimento de espiga empalhada e despalhada, diâmetro de espiga empalhada e despalhada, altura de planta (ALP) e altura de inserção da espiga (AIE).

T*	Comprimento de espigas (cm)		Diâmetro de espigas (cm)		ALP (m)	AIE (m)
	Empalhada	Despalhada	Empalhada	Despalhada		
SsF	29,7 <sup>a</sup>	18,6 <sup>a</sup>	5,75 <sup>a</sup>	4,91 <sup>a</sup>	1,73 <sup>a</sup>	0,86 <sup>a</sup>
SsC	29,2 <sup>a</sup>	18,6 <sup>a</sup>	5,75 <sup>a</sup>	4,87 <sup>a</sup>	1,59 <sup>b</sup>	0,76 <sup>a</sup>
SdF	28,1 <sup>a</sup>	17,5 <sup>a</sup>	5,37 <sup>b</sup>	4,66 <sup>b</sup>	1,51 <sup>b</sup>	0,72 <sup>b</sup>
SdC	28,4 <sup>a</sup>	17,6 <sup>a</sup>	5,30 <sup>b</sup>	4,59 <sup>b</sup>	1,51 <sup>b</sup>	0,69 <sup>b</sup>
EsF	29,0 <sup>a</sup>	18,5 <sup>a</sup>	5,72 <sup>a</sup>	4,87 <sup>a</sup>	1,59 <sup>b</sup>	0,79 <sup>a</sup>
EsC	28,8 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	5,62 <sup>a</sup>	4,76 <sup>a</sup>	1,50 <sup>b</sup>	0,69 <sup>b</sup>
EdF	28,1 <sup>a</sup>	17,7 <sup>a</sup>	5,48 <sup>b</sup>	4,74 <sup>a</sup>	1,49 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>
EdC	28,8 <sup>a</sup>	17,7 <sup>a</sup>	5,51 <sup>b</sup>	4,69 <sup>b</sup>	1,48 <sup>b</sup>	0,73 <sup>b</sup>
AsC	29,2 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	5,48 <sup>b</sup>	4,43 <sup>b</sup>	1,58 <sup>b</sup>	0,68 <sup>b</sup>
AdC	28,1 <sup>a</sup>	18,1 <sup>a</sup>	5,19 <sup>b</sup>	4,53 <sup>b</sup>	1,56 <sup>b</sup>	0,73 <sup>b</sup>

\* Tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade

Para o diâmetro de espigas empalhadas os tratamentos com arranjo em fileira simples foram superiores estatisticamente aos tratamentos com arranjo em fileira dupla independente do sistema de irrigação e método de adubação. O diâmetro de espigas despalhadas apresentaram resultados semelhantes ao parâmetro diâmetro de espiga empalhada, diferindo apenas em relação ao tratamento EdF que apresentou desempenho semelhante aos tratamentos com arranjo em fileira simples.

Com relação à altura de plantas, o tratamento SsF foi superior a todos os demais tratamentos, apresentando uma média de 1,73 m. Os tratamentos com arranjo em fileira simples apresentaram maior altura de inserção da espiga em relação aos tratamentos com arranjo em fileira dupla, com exceção do tratamento EsC que apresentou resultados semelhantes aos tratamentos com arranjo em fileira dupla.

Quando analisado cada fator de forma isolada, os parâmetros morfológicos relacionados à espiga houve diferença significativa somente quanto ao fator arranjo de plantio. Estes resultados são apresentados na Tabela 11. A utilização do arranjo em fileira simples independentemente do sistema de irrigação e do método de adubação utilizado, apresentou valores superiores quando comparado ao arranjo em fileira dupla, para os parâmetros morfológicos comprimento de espigas empalhadas e despalhadas, diâmetro de espigas empalhadas e despalhadas. Todavia, Brachtvogel (2008) em experimento que avaliava diferentes populações de plantas e diferentes arranjos de plantio, não encontrou diferenças significativas entre os arranjos em fileira simples e fileira dupla para os parâmetros relacionados à espiga.

**Tabela 11** - Teste de comparação de média para os seguintes parâmetros: comprimento de espigas empalhadas (CEE), comprimento de espigas despalhadas (CED), diâmetro de espigas empalhadas (DEE), diâmetro de espigas despalhadas (DED). Teresina, 2016

Fatores	Parâmetros morfológicos			
	CEE (cm)	CED (cm)	DEE (cm)	DED (cm)
Got. Superficial	28,88 <sup>a</sup>	18,14 <sup>a</sup>	5,54 <sup>a</sup>	4,76 <sup>a</sup>
Got. Subsuperficial	28,74 <sup>a</sup>	18,22 <sup>a</sup>	5,58 <sup>a</sup>	4,76 <sup>a</sup>
Fileira simples	29,22 <sup>a</sup>	18,66 <sup>a</sup>	5,71 <sup>a</sup>	4,85 <sup>a</sup>
Fileira dupla	28,40 <sup>b</sup>	17,69 <sup>b</sup>	5,41 <sup>b</sup>	4,67 <sup>b</sup>
Fertirrigação	28,78 <sup>a</sup>	18,12 <sup>a</sup>	5,58 <sup>a</sup>	4,79 <sup>a</sup>
Adub. Convencional	28,84 <sup>a</sup>	18,23 <sup>a</sup>	5,54 <sup>a</sup>	4,73 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna em cada fator não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 12, é apresentado o teste de comparação de médias para os parâmetros altura de planta e altura de inserção da espiga. De acordo com os dados apresentados, observaram-se diferenças significativas para as características morfológicas altura de planta e altura de inserção da espiga.

**Tabela 12** - Teste de comparação de média para os seguintes parâmetros: altura de planta (ALP) e altura de inserção da espiga (AIE). Teresina, 2016

Fatores	Parâmetros morfológicos	
	ALP (m)	AIE (m)
Got. superficial	1,58 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>
Got. subsuperficial	1,52 <sup>b</sup>	0,73 <sup>a</sup>
Fileira simples	1,60 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>
Fileira dupla	1,50 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>
Fertirrigado	1,58 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>
Adub. convencional	1,52 <sup>b</sup>	0,72 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para altura de plantas, o sistema de irrigação por gotejamento superficial apresentou melhores resultados em relação ao sistema por gotejamento

subsuperficial, sendo a média de altura de plantas de 1,58 m para o gotejamento superficial e 1,52 m para o gotejamento subsuperficial. A altura das plantas também foi influenciada pelo arranjo de plantio, onde o arranjo em fileira simples apresentou altura média de 1,60 m e o arranjo em fileira dupla de 1,50 m. Além disso, o método de adubação utilizado também influenciou na altura das plantas, sendo que os tratamentos fertirrigados apresentaram média de altura de plantas de 1,58 m enquanto que os tratamentos com adubação convencional apresentaram média de altura de plantas de 1,52 m.

Silva (2004), não verificou efeito do arranjo de plantio sobre a altura de plantas. Trabalho realizado por Alvarez et al. (2006), visando estudar o comportamento de dois híbridos de milho de diferentes arquiteturas foliares em dois espaçamentos entre linhas (0,7 e 0,9 m) e duas populações de plantas (55000 e 75000 plantas ha<sup>-1</sup>), em dois anos agrícolas, verificaram inexistência de alteração da altura de plantas com a modificação do arranjo de plantio, independentemente do ano de plantio e da densidade de plantas.

O parâmetro morfológico altura de inserção das espigas foi influenciada apenas pelo arranjo de plantio. O arranjo de plantio que proporcionou melhores resultados de altura de inserção das espigas foi o arranjo em fileira simples apresentando média de 0,77 m de altura, enquanto que o arranjo em fileira dupla apresentou média de 0,71 m de altura de inserção das espigas.

Todas estas médias de altura de planta e altura de inserção das espigas foram inferiores às obtidas por Rocha et al. (2011) em experimento realizado no município de Teresina-PI, com diferentes cultivares e populações de plantas irrigadas por aspersão convencional. Já Albuquerque (2008) obtiveram valores semelhantes em um experimento que avaliava 32 cultivares experimentais e 4 cultivares comerciais para produção de milho verde em Ijaci-MG. Bordallo et al. (2005) avaliaram por meio da correlação, o grau de associação entre os caracteres agronômicos visando a produção de espigas de milho-verde e concluíram que houve correlação positiva entre altura de plantas e o peso médio e o comprimento médio das espigas, demonstrando assim que plantas mais altas implicara em espigas maiores e mais pesadas.

Com relação à altura de inserção da espiga, houve interação significativa entre os fatores arranjo de plantas e método de adubação (Tabela 13). Quando se utiliza a adubação convencional não há diferença significativa entre o arranjo fileira



simples e fileira dupla. No entanto, quando se utiliza a fertirrigação como método de adubação, o arranjo em fileira simples apresenta melhores resultados. Para o arranjo em fileira dupla a utilização da adubação convencional e da fertirrigação não diferem entre si. Já quando se utiliza o arranjo em fileira simples, o método de adubação mais indicado para obter maior altura de inserção das espigas é a fertirrigação.

**Tabela 13** - Desdobramento da interação entre arranjo de plantas e método de adubação para altura de inserção da espiga. Teresina, 2016

Arranjo	Adubação	
	Fertirrigado	Adub. convencional
Fileira simples	0,82 <sup>aA</sup>	0,73 <sup>aB</sup>
Fileira dupla	0,71 <sup>bA</sup>	0,71 <sup>aA</sup>

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula, nas colunas, e por mesma letra maiúscula, nas linhas não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 14, são apresentadas as porcentagens de cada tratamento em relação à testemunha com irrigação por aspersão convencional para os parâmetros morfológicos analisados. Na maioria dos casos a irrigação por gotejamento apresentou valores superiores, principalmente para o parâmetro diâmetro das espigas empalhadas e despalhadas, sendo este critério de grande importância para a comercialização do milho-verde.

**Tabela 14** - Comparação em percentual dos tratamentos em relação à testemunha dos parâmetros morfológicos: comprimento de espiga empalhada (CEE), comprimento de espiga despalhada (CED), diâmetro de espiga empalhada (DEE), diâmetro de espiga despalhada (DED), altura de planta (ALP) e altura de inserção da espiga (AIE). Teresina, 2016

Tratamentos	Parâmetros morfológicos					
	CEE (%)	CED (%)	DEE (%)	DED (%)	ALP (%)	AIE (%)
SsF	2,05	-1,06	5,45	11,36	6,25	28,57
SsC	0,00	-0,53	5,45	11,36	0,00	14,28
SdF	-0,35	-3,29	3,84	4,44	-6,25	0,00
SdC	0,70	-2,74	1,92	2,22	-6,25	0,00
EsF	-0,34	-1,59	3,63	11,36	0,00	14,28
EsC	-1,36	0,00	1,81	9,09	-6,25	0,00
EdF	0,00	-2,19	5,76	4,44	-6,25	0,00
EdC	2,48	-2,19	5,76	4,44	-6,25	0,00

Para o comprimento de espigas empalhadas os tratamentos SsF e EdC apresentaram desempenho superior a testemunha, sendo superiores em 2,05% e 2,48%, respectivamente. Já para o comprimento de espigas despalhadas a maioria dos valores foram inferiores a testemunha com exceção do tratamento EsC que apresentou o mesmo desempenho da testemunha. Com relação ao diâmetro de

espigas empalhadas e despalhadas, todos os tratamentos foram superiores a testemunha, com destaque para os tratamentos SsF, SsC e EsF que apresentaram o melhor desempenho em relação a testemunha.

O tratamento SsF apresentou a maior altura de plantas em relação a testemunha, sendo superior em 6,25%. Com relação à altura de inserção das espigas, a maioria dos tratamentos se igualou a testemunha (SdF, SdC, Esc, EdF e EdC), com os tratamentos SsF, SsC e EsF apresentando resultados superiores a testemunha com os respectivos valores: 28,57%, 14,28% e 14,28%.

Os valores do coeficiente de variação entre 2,96 e 8,43% foram considerados baixos para os parâmetros morfológicos, indicando alta precisão experimental. Já o coeficiente de variação para o desempenho produtivo variou de 13,78 a 15,29%, considerado médio, indicando boa precisão experimental (GOMES, 2009).

## 4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, nas condições do experimento, pode-se concluir que:

1 O sistema de irrigação por gotejamento superficial apresentou melhores resultados para os parâmetros altura de plantas e produtividade de espigas comerciais despalhadas.

2 O arranjo em fileira simples apresentou valores superiores ao arranjo em fileira dupla em todos os parâmetros estudados.

3 A fertirrigação apresentou melhores resultados para os parâmetros altura de planta e produtividade de espigas comerciais despalhadas.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON-PINHO, R. G.; SILVA R. Produtividade de híbridos de milho-verde experimentais e comerciais. **Bioscience Jornal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G. V.; BORGES, I. D. Avaliação de características agrônômicas e de produção de forragem e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n.3, p. 402-408, 2006.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.36, n.2, p.143-151, 2005.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 831-839, 2004.
- BORDALLO, P. N.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GABRIEL, A. P. C. Análise dialética de genótipos de milho doce e comum para caracteres agrônômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 123-127, jan./mar. 2005.
- BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, ed. esp., p. 1591-1597, 2010.
- BRACHTVOGEL, E. L. **Densidades e arranjos populacionais de milho e componentes agrônômicos**. Dissertação, UNESP – Botucatu, 2008.
- CARDOSO, M, J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B.; **Performance de Cultivares de Milho-Verde no Município de Teresina**, Piauí, 2011. Comunicado Técnico 227.
- CASTRO, R. S. de. **Rendimentos de espigas verdes e de grãos de cultivares de milho após a colheita da primeira espiga como minimilho**. 2010. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia Área de Concentração Agricultura Tropical) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos: 5º levantamento**, fevereiro 2016. – Brasília: Conab, 2016.

CORDEIRO, J. C. **Levantamento detalhado do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí**. Departamento de Engenharia Agrícola e Solos. Universidade Federal do Piauí; 2003.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 15. Ed. rev. Ampl. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso em: 25 mai. 2016.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas, 2009. < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> > acessado em setembro de 2016.

LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. **Microirrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 2007. 618p.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: Programa de Avaliação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MERRIAN, J.L.; KELLER, J. Form irrigation system evaluation a guide for management. Logan Agricultural an Irrigation Engineering Department, 271p. 1978.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A.; BUENO, A.C.; DIDONÉ, I.A.; ANJOS, C.S.; MACHADO, F.A.; SAMPAIO, M.R. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2002. 105p. (Boletim Fepagro, 10).

NEUFELD, J. Water conservation with subsurface drip irrigation. In: SYMPOSIUM IN COLLEGE OF SOUTHERN, **Proceedings**. Idaho, 2001.

ROCHA, D. R. da.; FILHO, D. F.; BARBOSA, J. C.; Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. **Horticultura brasileira**, v. 29, n. 3, jul.- set. 2011.

SANTOS, W. O.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, v.19, n.4, p.559-572, outubro-dezembro, 2014.

SILVA, A. R. B. da. **Diferentes sistemas de manejo do solo e espaçamentos na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 2004. 147 f. Tese (Doutorado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

# **CAPÍTULO 2**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE MILHO-VERDE IRRIGADO POR  
GOTEJAMENTO EM TERESINA-PI**

## RESUMO

### **Viabilidade econômica da produção de milho-verde irrigado por gotejamento em Teresina-PI**

No Brasil, há carência de estudos sobre a viabilidade econômica da produção de milho-verde utilizando-se o sistema de irrigação por gotejamento. Com isso, este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade econômica da produção de milho-verde irrigado por gotejamento com diferentes arranjos de plantio aliado à fertirrigação. O experimento foi conduzido no município de Teresina-PI na área experimental do Colégio Técnico de Teresina (CTT), no período de novembro de 2015 a janeiro de 2016. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial  $[(2 \times 2 \times 2) + 2]$ , com quatro repetições. Os tratamentos constituíram de dois sistemas de irrigação, gotejamento superficial e subsuperficial; dois arranjos de plantio, fileira simples com uma linha de tubo gotejador para cada fileira de planta e fileira dupla sendo uma linha de tubo gotejador para duas fileiras de plantas; dois métodos de adubação, adubação convencional e fertirrigação; e duas testemunhas, ambas com sistema de irrigação por aspersão convencional sendo a primeira com fileira simples de plantio e a segunda com fileira dupla. As despesas com os custos variáveis foram as que mais oneraram o custo final do milho-verde, independente do sistema de irrigação, arranjo de plantio e método de adubação. Considerando os resultados da análise de viabilidade econômica o gotejamento superficial em arranjo fileira simples com a utilização da fertirrigação apresentou-se como o sistema mais viável para a produção de espigas de milho-verde no município de Teresina, Piauí.

Palavras-chave: *Zea mays* L., gotejamento subsuperficial, fertirrigação, custos de produção.



## ABSTRACT

### **Economic viability of drip irrigated green corn production in Teresina-PI**

In Brazil, there is a lack of study on the economic viability of green corn production, using the drip irrigation system. The objective of this study was to evaluate the economic viability of drip-irrigated maize production with different planting arrangements combined with fertirrigation. The experiment was conducted in the Teresina-PI municipality in the Colégio Técnico de Teresina (CTT), from November 2015 to January 2016. The experimental design was a randomized complete block design (2 x 2 x 2) + 2], with four replicates. The treatments consisted of two irrigation systems, surface and subsurface drip irrigation; two planting arrangements, single row with one line of dripping tube for each row of plant and double row being a line of dripping tube for two rows of plants; two methods of fertilization, conventional fertilization and fertirrigation; And two witnesses, both with conventional sprinkler irrigation system being the first with simple row of planting and the second with double row. Variable costs were the ones that most affected the final cost of green corn, regardless of the irrigation system, planting arrangement and fertilization method. Considering the results of the economic viability analysis, the surface drip irrigation in simple row arrangement with the use of fertirrigation was the most viability system for the production of green corn ears in the municipality of Teresina, Piauí.

Keywords: *Zea mays* L., subsurface drip, fertigation, production costs.

## 1 INTRODUÇÃO

O milho é o cereal mais produzido no mundo e devido às suas qualidades nutricionais é utilizado na alimentação humana, animal e em processos agroindustriais. Ele pode ser consumido tanto na forma de grãos secos como também na forma de milho-verde, tendo este um maior valor agregado. Apesar da produção do milho-verde não ter expressiva participação no cenário nacional, sua produção constitui um fator importante, principalmente na alimentação humana. Na região de Teresina-PI, o milho-verde é considerado fonte de subsistência para muitas famílias, gerando emprego e renda, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dos pequenos e médios produtores.

Vários trabalhos de pesquisa relacionados à irrigação da cultura do milho-verde mostram que a produtividade comercial de espigas é altamente dependente da quantidade de água aplicada (BISCARO, 2008; BLANCO et al., 2011; CARVALHO et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2015; SANTOS et al., 2014). Porém, poucos estudos analisaram a viabilidade econômica dos sistemas de irrigação para o cultivo do milho-verde.

No Brasil, o sistema de irrigação por aspersão convencional é o mais utilizado para o cultivo de milho-verde. No entanto, devido a grande preocupação em nível mundial com a questão da conservação e sustentabilidade dos recursos hídricos, tem sido cada vez mais frequente a utilização do sistema de irrigação por gotejamento, principalmente em regiões com escassez de água, necessitando de sistemas de irrigação mais eficiente na aplicação de água e fertilizantes (ALBUQUERQUE, et al., 2012).

A irrigação por gotejamento pode ser utilizada de duas formas distintas: gotejamento superficial e o gotejamento subsuperficial. Apesar de apresentar diversas vantagens, o sistema de irrigação por gotejamento não tem sido muito utilizado no cultivo de milho-verde no Brasil, especialmente no Estado do Piauí, sendo as principais limitações o desconhecimento técnico do mesmo e o alto custo do sistema especialmente o gotejamento subsuperficial. No entanto, alguns fatores poderão contribuir de forma significativa para a redução destes custos, principalmente com a manipulação do arranjo de plantas, possibilitando a utilização de uma linha de tubo gotejador para duas fileiras de plantas o que proporcionara

uma redução de 50% nos custos com o sistema de irrigação. Com isso, a irrigação por gotejamento no cultivo de milho-verde pode apresentar-se como um sistema viável para o agricultor, principalmente, quando se leva em consideração a maior eficiência no uso da água, de defensivos e adubos, aliada a uma expectativa de aumento no rendimento.

Em regiões com escassez ou irregularidades das precipitações pluviais é importante que se busque formas de otimização do uso e aproveitamento da água e novas tecnologias poupadoras de água, capazes de maximizar os retornos econômicos, tendo em vista a importância da irrigação para o desenvolvimento da planta e para a sustentabilidade na agricultura.

Para as condições edafoclimáticas da região de Teresina-PI, pesquisas relacionadas à análise de viabilidade econômica do sistema de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial no cultivo de milho-verde são praticamente inexistentes. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a viabilidade econômica do cultivo de milho-verde utilizando-se o sistema de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial com dois diferentes arranjos de plantio e duas formas de aplicação dos adubos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo de viabilidade econômica do cultivo de milho-verde com irrigação por gotejamento foi realizado um experimento no período de novembro de 2015 a janeiro de 2016 na área experimental do Colégio Técnico de Teresina (CTT), da Universidade Federal do Piauí, Campus Socopo, no município de Teresina/PI, (05° 05' 21" S; 42° 48' 07" W e 74 m de altitude). O clima da região de acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) é C1sA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com excedente hídrico moderado no verão e uma concentração de 32,2% da evapotranspiração potencial no trimestre setembro – outubro – novembro (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). As chuvas se concentram entre os meses de janeiro e abril, com precipitação média de 1393,2 mm, temperatura média do ar de 27,1 °C e umidade relativa média do ar de 70% (INMET, 2009).

O solo da área experimental é do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, textura arenosa e relevo suave ondulado (CORDEIRO, 2003). A caracterização físico-química do solo da área experimental foi realizada conforme metodologia apresentada pelo manual elaborado pela Embrapa/CNPS (2011). As amostras foram coletadas na área experimental nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m. As análises foram realizadas no Laboratório de Solo e Água da Embrapa Meio-Norte/Parnaíba, PI, sendo os resultados apresentados nas Tabela 15 e Tabela 16.

**Tabela 15** - Características químicas do solo da área experimental. Teresina, 2015

Características químicas							
MO	Ph	P	K	Ca	Mg	Na	Al
g kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	Mg dm <sup>-3</sup>			Cmo <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
Profundidade 0,00 – 0,10 m							
6,74	6,1	8,5	1,4	2,13	0,75	0,03	0,04
Profundidade 0,10 – 0,20 m							
2,63	6,0	10,0	1	1,71	0,49	0,03	0,00

Fonte: Laboratório de Solo e Água, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba.

**Tabela 16** - Características físicas do solo da área experimental. Teresina, 2015

Composição granulométrica (%)				Classe textural	Densidade do solo (kg m <sup>-3</sup> )	C.C (% massa)	P.M.P (% massa)
Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila				
Profundidade 0,00 – 0,10 m							
57,0	28,95	6,45	7,60	Areia franca	1400	14,5	2,6
Profundidade 0,10 – 0,20 m							
66,45	19,15	4,80	9,60	Areia franca	1630	16,0	3,0

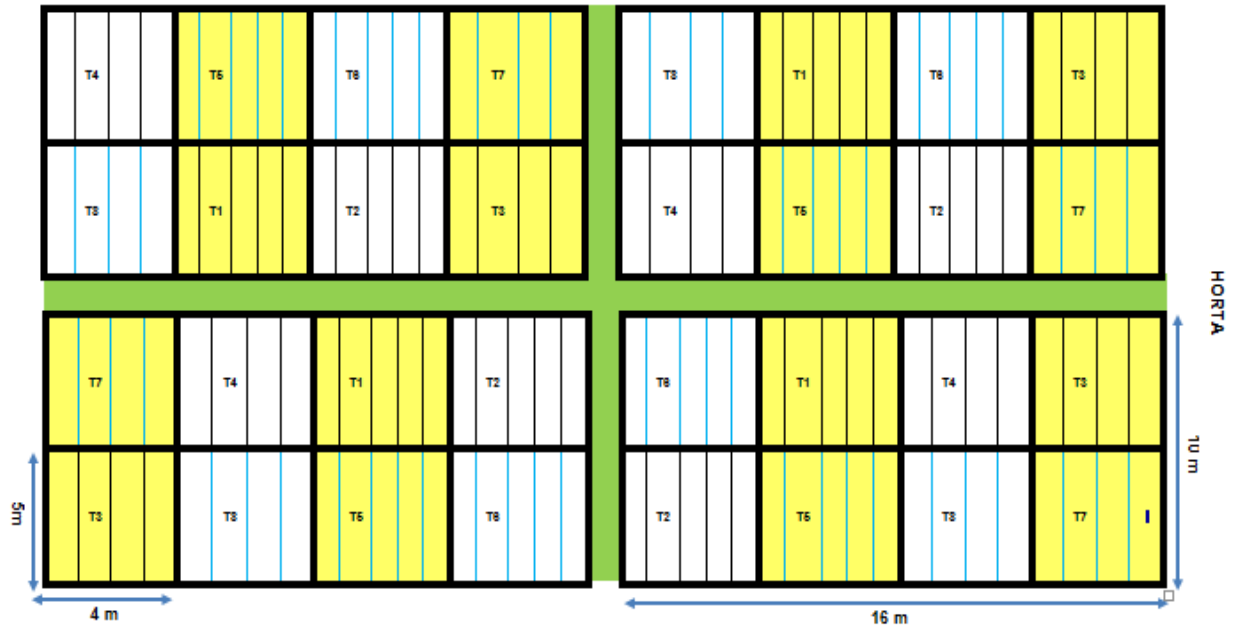
Fonte: Laboratório de Solo e Água, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba. C.C: capacidade de campo. P.M.P: ponto de murcha permanente.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial [(2 x 2 x 2) + 2], com quatro repetições, sendo: o primeiro fator correspondente ao sistema de irrigação (gotejamento superficial ou gotejamento subsuperficial), o segundo ao arranjo de plantio (fileira simples ou fileira dupla) e o terceiro à forma de adubação (fertirrigação ou adubação convencional). Como forma de comparação ao método tradicional utilizado pelos produtores da região, adotou-se duas testemunhas que utilizava como método de irrigação a aspersão convencional e dois arranjos de plantio em fileira simples ou fileira dupla com adubação convencional para ambas. A unidade experimental media quatro metros de largura por cinco metros de comprimento. Os tratamentos foram compostos de acordo com a Tabela 17.

**Tabela 17** - Descrição dos tratamentos de acordo com o sistema de irrigação, arranjo de plantas e método de adubação. Teresina, 2016

Tratamentos	Fatores			
		Irrigação	Arranjo	Adubação
T1	SsF	Gotejamento superficial	Fileira simples	Fertirrigado
T2	SsC	Gotejamento superficial	Fileira simples	Convencional
T3	SdF	Gotejamento superficial	Fileira dupla	Fertirrigado
T4	SdC	Gotejamento superficial	Fileira dupla	Convencional
T5	EsF	Gotejamento subsuperficial	Fileira simples	Fertirrigado
T6	EsC	Gotejamento subsuperficial	Fileira simples	Convencional
T7	EdF	Gotejamento subsuperficial	Fileira dupla	Fertirrigado
T8	EdC	Gotejamento subsuperficial	Fileira dupla	Convencional
A1	AsC	Aspersão convencional	Fileira simples	Convencional
A2	AdC	Aspersão convencional	Fileira dupla	Convencional

A Figura 5 ilustra o croqui do sistema de irrigação por gotejamento da área experimental.



**Figura 5** - Croqui do sistema de irrigação da área experimental relativo aos tratamentos com irrigação por gotejamento.

Na área experimental irrigada por gotejamento constaram 56 linhas laterais, sendo uma linha lateral para cada linha de plantio ou uma linha lateral para cada fileira dupla de plantio, com comprimento de 10 m e emissores espaçados de 0,2 m, operando com uma vazão de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$  e pressão de 9 mca. Considerou-se o valor de 90% para a eficiência do sistema de irrigação por gotejamento, tanto para o superficial como para o subsuperficial. Os espaçamentos entre as linhas de tubo gotejador foram determinados conforme o arranjo de plantio, sendo 0,75m para arranjo em fileira simples e 1,5 m para arranjo em fileira dupla (Figura 6).



**Figura 6** - Sistema de irrigação por gotejamento em arranjo fileira simples (a), sistema de irrigação por gotejamento em arranjo fileira dupla (b).

Nos tratamentos com gotejamento superficial, foram utilizados tubos gotejadores de parede fina. Já nos tratamentos com gotejamento subsuperficial foram utilizados tubos gotejadores autocompensantes de parede espessa com sistema anti-sifão que impede a sucção de partículas de solo e também possui um mecanismo de proteção contra a intrusão radicular. As testemunhas, foram irrigadas por um sistema de irrigação por aspersão convencional com aspersores espaçados em 12 m, vazão de  $597 \text{ L h}^{-1}$  funcionando a uma pressão de 20 mca, considerando o valor da eficiência deste sistema de 75%.

Os arranjos de plantio utilizados foram: fileiras duplas (1,2 x 0,3 x 0,3 m) sendo 1,2 m entre fileiras duplas, 0,3 m entre fileiras simples e 0,3 m entre plantas, possuindo uma linha de tubo gotejador para as duas fileiras de plantas. Nos tratamentos com fileira simples foi utilizado o espaçamento 0,75 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas, possuindo uma linha de tubo gotejador para cada fileira de plantas.

O preparo do solo foi realizado por meio de gradagem. Em seguida foram abertos sulcos com profundidade de 0,20 m. Os sulcos foram abertos para as seguintes finalidades: somente para a realização da adubação convencional de plantio, somente para a instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial ou para adubação convencional de plantio e instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (Figura 7). Os mesmos foram feitos manualmente, totalizando 84 sulcos com cinco metros de comprimento. Não foram abertos sulcos para os tratamentos com irrigação por gotejamento superficial com fertirrigação.



**Figura 7** - Abertura dos sulcos para instalação do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial (a). Implantação do sistema de irrigação (b)

A adubação foi realizada de acordo com o resultado da análise química do solo e a necessidade da cultura. Como fonte de nitrogênio e potássio foram

utilizados a ureia e o cloreto de potássio, respectivamente, tanto na adubação convencional como na fertirrigação. Como fonte de fósforo foi utilizado o superfosfato simples na adubação convencional e o MAP (fosfato monoamônico) na fertirrigação. No total foram utilizados  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  tanto na adubação convencional como na fertirrigação.

Nos tratamentos relacionados à adubação convencional foi realizado o parcelamento em três aplicações sendo a adubação fosfata realizada toda no plantio, a adubação nitrogenada parcelada em três vezes, uma no plantio e duas em cobertura e a adubação potássica parcelada em duas vezes, uma no plantio e outra em cobertura. Na adubação de plantio foram aplicadas as seguintes quantidades:  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . A primeira adubação de cobertura foi realizada quando as plantas apresentavam seis folhas completamente desenvolvida e a segunda adubação de cobertura quando as plantas apresentavam doze folhas completamente desenvolvidas. Em cada adubação de cobertura foram aplicadas:  $77,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Nos tratamentos relacionados à fertirrigação foi utilizada a mesma quantidade de adubo, onde o total recomendado foi parcelada em quatro partes iguais sendo a primeira aplicação realizada aos 10 dias após a emergência e as outras três em intervalos de 10 dias.

A área experimental de 0,064 ha foi cultivada com a cultura do milho, híbrido AG – 1051. Segundo Castro (2010) trata-se de um híbrido duplo semiprecoce, com alta resistência ao acamamento, desenvolvido para produção de grãos, silagens e espigas verdes. O plantio foi realizado no dia 15 de novembro de 2015 e a colheita no dia 30 de janeiro de 2016, totalizando um ciclo de 77 dias.

A semeadura foi realizada utilizando-se uma semente por cova, resultando em uma população de aproximadamente  $44444 \text{ plantas ha}^{-1}$ . O controle das plantas invasoras foi realizado através de capinas manuais e aplicação de herbicida seletivo para a cultura do milho com princípio ativo tembotriona. O controle de insetos pragas foi realizado por meio da aplicação de inseticidas com princípio ativo deltametrina.

A irrigação foi realizada diariamente e a lâmina de irrigação baseada nos valores de evapotranspiração da cultura ( $\text{ETc}$ ), calculada através do produto da evapotranspiração de referência ( $\text{ETo}$ ) e do coeficiente de cultivo ( $k_c$ ). A  $\text{ETo}$  foi estimada de acordo com o método de Penman-Monteith. Os coeficientes de cultivo

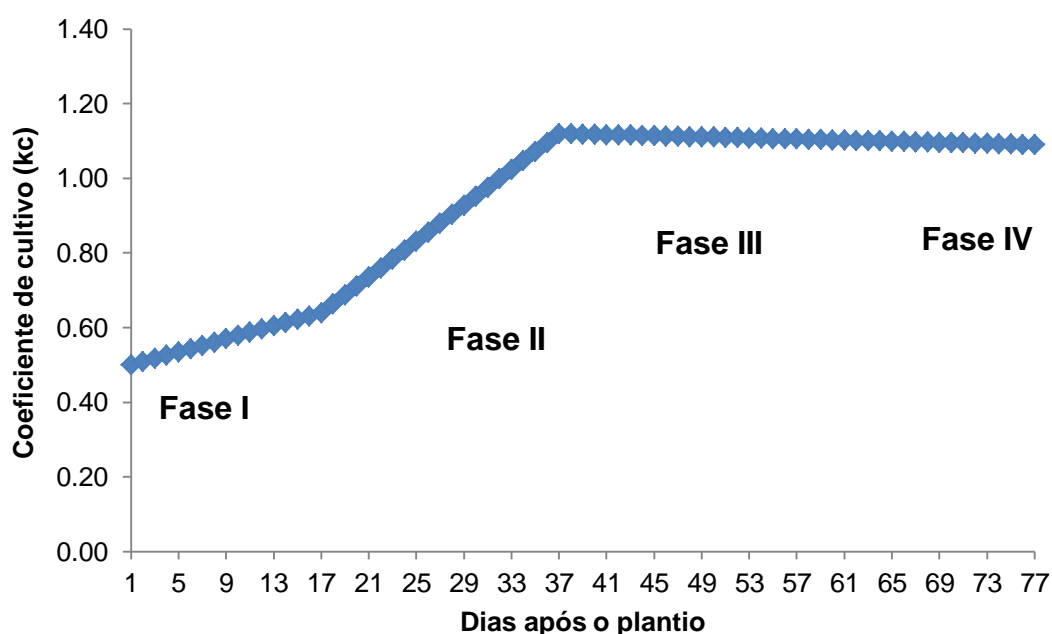


para cada fase fenológica da cultura foram os determinados por Santos et al. (2014), demonstrados na Tabela 18. Adotou-se uma variação linear do  $K_c$  entre o início de uma fase fenológica e outra (Figura 8).

**Tabela 18** - Coeficientes de cultivos para as diferentes fases fenológicas do milho-verde.

Fases	Duração (dias)	$K_c^*$
I	16	0,50
II	20	0,64
III	27	1,12
IV	14	1,11

\*Fonte: Santos et al (2014)



**Figura 8** - Distribuição do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) durante o ciclo da cultura do milho verde.

O tempo de irrigação foi calculado em função da lâmina a ser aplicada, conforme a intensidade de aplicação de água do sistema, que foi obtido por meio do quociente entre a vazão do emissor e a área molhada pelo mesmo. Antes do plantio foram efetuadas irrigações em toda a área experimental, com a finalidade de uniformizar o teor de água no solo, elevando-o para próximo à capacidade de campo.

As avaliações foram realizadas nas fileiras centrais de cada parcela experimental, utilizando-se as fileiras laterais como bordadura desconsiderando as duas últimas plantas no início e no final da fileira. A colheita das espigas da área útil

foi realizada manualmente aos 75 dias após a semeadura, quando atingiram o ponto de milho-verde que consiste no estágio em que 50% das espigas da área considerada atingiram o estágio de grão leitoso com cerca de 70 a 80% de umidade (CARDOSO et al., 2011).

Na realização da análise econômica, para estimativa do rendimento considerou-se somente o número de espigas verdes comerciais, já que é a forma como as mesmas são comercializadas no mercado local. Consideraram-se espigas verdes despalhadas comerciais aquelas que apresentaram comprimento de granação superior a 15 cm, livre de danos de insetos e diâmetro superior a 3,0 cm. (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Para a realização da análise de viabilidade econômica, o custo de produção de acordo com cada tratamento foi estimado utilizando-se valores aproximados em reais (R\$), considerando uma área cultivada de um hectare. O custo de produção para cada tratamento ou custo de implantação da cultura (CP) utilizado para a realização das análises, com exceção do custo da água, foram os custos com mão de obra, adubos, sementes, inseticidas, herbicidas, hora trator e energia (Tabela 19). Esses custos diferiram em cada tratamento em função de suas peculiaridades e necessidades.

**Tabela 19** - Custos de produção de um ciclo de cultivo de milho-verde utilizado para análise de viabilidade econômica em função dos diferentes tratamentos. Teresina, 2016

T*	Custos de produção R\$ ha <sup>-1</sup>						Total
	Adubos	Defensivos	Sementes	Hora trator	Mão de obra	Energia	
SsF	1813,50	330,00	400,00	150,00	1500,00	87,97	4281,47
SsC	2752,11	330,00	400,00	150,00	1750,00	87,97	5470,08
SdF	1813,50	330,00	400,00	150,00	1500,00	87,97	4281,47
SdC	2752,11	330,00	400,00	150,00	1750,00	87,97	5470,08
EsF	1813,50	330,00	400,00	150,00	1500,00	87,97	4281,47
EsC	2752,11	330,00	400,00	150,00	1750,00	87,97	5470,08
EdF	1813,50	330,00	400,00	150,00	1500,00	87,97	4281,47
EdC	2752,11	330,00	400,00	150,00	1750,00	87,97	5470,08
AsC	2752,11	330,00	400,00	150,00	2500,00	249,65	6381,80
AdC	2752,11	330,00	400,00	150,00	2500,00	249,65	6381,80

\* T - Tratamentos

Devido à atual gestão dos recursos hídricos no estado do Piauí praticamente todos os estabelecimentos rurais enquadram-se na classe rural de consumo, na qual não incide a cobrança de tarifa de demanda, sendo o custo da água estimado por

meio do custo de energia consumida para os dois diferentes sistemas de irrigação, gotejamento e aspersão. Nesse caso seria a energia elétrica gasta para que o sistema de irrigação fosse capaz de aplicar a lâmina requerida pela cultura durante todo o seu ciclo. Com isso, o custo da energia elétrica para um ciclo de cultivo foi estimado pela Equação 1 adaptada de Frizzone (2005):

$$CE_{ij} = \frac{10 I_{ij} H_m \gamma_a}{3,6 \cdot 10^6 \eta} TC \quad (1)$$

Onde:

$CE_{ij}$  – custo da energia elétrica, durante o ciclo do milho com sistema de irrigação  $i$ , arranjo de plantio  $j$ , R\$ ha<sup>-1</sup>;

$I_{ij}$  – lâmina bruta de irrigação necessária durante o ciclo do milho com sistema de irrigação  $i$ , arranjo de plantio  $j$ , mm (considerando a eficiência do sistema por gotejamento e aspersão convencional de 90 e 75%, respectivamente);

$H_m$  – altura manométrica total, 15 mca para gotejamento (superficial e subsuperficial) e 35 mca para aspersão convencional;

$\gamma_a$  – peso específico da água, 9806,65 N m<sup>-3</sup>;

$\eta$  – eficiência global do conjunto eletrobomba, 0,65;

$TC$  – tarifa de consumo de energia elétrica referente ao período do ciclo do milho; 0,405274 R\$ kWh<sup>-1</sup>.

O valor da tarifa de consumo utilizado para estimativa do custo da energia elétrica (CE) foi obtido junto à Companhia Energética do Piauí (Eletrobrás – Piauí) no mês de janeiro de 2016 (0,405274 R\$ kWh<sup>-1</sup>), representando a tarifa B2 rural trifásica, sendo esta cobrada para o consumidor rural, sem os subsídios da Lei Estadual nº 5630 de 15 de janeiro de 2007, de incentivo à irrigação. O valor da altura manométrica utilizada (15 m e 35 m) representa uma situação hipotética representativa da maioria dos sistemas de irrigação por gotejamento e aspersão convencional, respectivamente, instalados no estado do Piauí.

O custo fixo anual (CF) (Equação 2) referente à implantação do sistema de irrigação foi estimado por meio do fator de recuperação de capital (Equação 3):

$$CF_{ij} = C_{ij} FRC_{ijk} \quad (2)$$

sendo:

$$FRC_{ij} = \left[ \frac{(1+j)^n j}{(1+j)^n - 1} \right] \quad (3)$$

em que:

$CF_{ij}$  – custo fixo anual de amortização do equipamento de irrigação com sistema de irrigação i, arranjo de plantio j, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$C_{ij}$  – custo de aquisição do sistema de irrigação com sistema de irrigação i, arranjo de plantio j, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$FRC_{ij}$  – fator de recuperação do capital com sistema de irrigação i, arranjo de plantio j, R\$;

J – média histórica dos últimos 10 anos da taxa anual de juros, 0,1135;

n – vida útil do sistema de irrigação

O investimento para a aquisição do sistema de irrigação, a vida útil e o valor residual dos mesmos são apresentados na Tabela 20:

**Tabela 20** - Investimento necessário para implantação do sistema de irrigação, vida útil e valor residual (VR) de acordo com o sistema de irrigação e arranjo de plantio. Teresina, 2016

Irrigação	Arranjo	Investimento (R\$ ha <sup>-1</sup> )	Vida útil (anos)	VR (%)
Got. superficial	Fileira simples	6855,49	3	28
Got. superficial	Fileira dupla	3184,68	3	41
Got. subsuperficial	Fileira simples	20869,97	10	9
Got. subsuperficial	Fileira dupla	10651,70	10	15
Aspersão	Dupla/simples	4918,39	15	79

Os dados referentes ao custo total de produção da cultura foram obtidos pela Equação 4,

$$CT_{ijk} = CF_{ij} + (CV_{ijk} N) \quad (4)$$

sendo:

$$CV_{ijk} = CP_{ijk} + CE_{ij} \quad (5)$$

em que:

$CT_{ijk}$  – custo total de produção do milho, com sistema de irrigação i, arranjo de plantio j, forma de adubação k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$CF_{ijk}$  – custo fixo anual de amortização do sistema de irrigação, com sistema de irrigação i, arranjo de plantio j, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$CV_{ijk}$  – custo variável, com sistema de irrigação i, arranjo de plantio j, forma de adubação k, R\$ ha<sup>-1</sup>;

$N$  – número de ciclos de cultivo ao longo do ano (considerando um ciclo de 70 dias);

$CP_{ijk}$  – custo de implantação da cultura com sistema de irrigação  $i$ , arranjo de plantio  $j$ , forma de adubação  $k$ , R\$  $ha^{-1}$ ;

$CE_{ij}$  – custo da energia elétrica, com sistema de irrigação  $i$ , arranjo de plantio  $j$ , R\$  $ha^{-1}$ ;

O preço médio da espiga comercial de milho-verde e dos insumos utilizados foi obtido de acordo com os valores praticados na região no período de janeiro de 2016, sendo que o preço da espiga comercial de milho-verde varia de 0,40 a 0,60 a unidade com preço médio de R\$ 0,50 por espiga comercial.

As receitas líquidas (RL) esperadas com o cultivo do milho-verde irrigado foram estimadas a partir dos rendimentos relativos para diferentes números de ciclos variando de um a quatro ciclos por ano, obtidos através das Equações 6 e 7.

$$RL_{ijk} = RB_{ijk} - CT_{ijk} \quad (6)$$

Sendo:

$$RB_{ijk} = Y_{ijk} Pe N \quad (7)$$

Em que:

$RL_{ijk}$  – receita líquida obtida pelo cultivo do milho-verde, com sistema de irrigação  $i$ , arranjo de plantio  $j$ , forma de adubação  $k$ , R\$  $ha^{-1}$ ;

$RB_{ijk}$  – receita bruta obtida pelo cultivo do milho-verde, com sistema de irrigação  $i$ , arranjo de plantio  $j$ , forma de adubação  $k$ , R\$  $ha^{-1}$ .

$CT_{ijk}$  – custo total de produção do milho-verde, com sistema de irrigação  $i$ , arranjo de plantio  $j$ , forma de adubação  $k$ , R\$  $ha^{-1}$ .

$Y_{ijk}$  – rendimento do milho-verde, com sistema de irrigação  $i$ , arranjo de plantio  $j$ , forma de adubação  $k$ , R\$  $ha^{-1}$ ;

$Pe$  – preço médio de venda da espiga comercial de milho-verde, R\$ 0,50;

$N$  – número de ciclos de cultivos ao longo do ano.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irrigação por gotejamento apresentou uma lâmina de irrigação 17,77% inferior à lâmina aplicada na irrigação por aspersão convencional, sendo o total de água aplicada durante todo o ciclo da cultura de 345,30 mm para os tratamentos com irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial e 419,97 mm para os tratamentos com aspersão convencional. No período de realização do experimento a precipitação pluviométrica totalizou 267,2 mm, concentrando-se principalmente no mês de janeiro onde as plantas apresentavam-se no estágio de floração e formação do grão.

Durante o experimento foi realizado o monitoramento da umidade do solo mantendo-a próxima à capacidade de campo. A uniformidade de distribuição de água no solo foi comprovada por meio da realização do teste para a determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), seguindo a metodologia de Merriam e Keller (1978). De acordo com a classificação elaborada por Mantovani (2001) a uniformidade de distribuição de água no solo foi considerada excelente apresentando valores superiores a 84%. Isso demonstra que a demanda hídrica da planta durante a realização do experimento foi atendida independentemente do sistema de irrigação e do arranjo de plantio.

O número de espigas comerciais de milho-verde juntamente com os custos referentes a cada tratamento utilizados para a realização da análise econômica são apresentados na Tabela 21. O tratamento SsF apresentou número de espigas comerciais superior em 5,74% em relação a testemunha AsC, com um rendimento de 40278 espigas comerciais por hectare, enquanto que a testemunha AsC apresentou um rendimento de 37963 espigas comerciais por hectare. Entre os tratamentos com gotejamento subsuperficial o tratamento EsF apresentou o maior número de espigas comerciais, com rendimento de 32870 espigas comerciais por hectare, no entanto sendo 13,41% inferior a testemunha AsC. Nota-se que todos os tratamentos com arranjo em fileira dupla apresentaram um menor número de espigas comerciais em relação aos tratamentos com arranjo em fileira simples. Os tratamentos SdC e EdF apresentaram o pior desempenho relacionado ao número de espigas de milho-verde comerciais, com 22685 espigas por hectare para ambos os tratamentos.

**Tabela 21** - Número de espigas comerciais (NEC), custo fixo (CF), custo variável (CV), custo total (CT) e relação benefício/custo (B/C) para produção de milho-verde irrigado em função de cada tratamento. Teresina, 2016

Tratamentos	NEC	CF (R\$ ha <sup>-1</sup> )	CV (R\$ ha <sup>-1</sup> )	CT (R\$ ha <sup>-1</sup> )	B/C
SsF	40278	5336,01	4281,47	9617,48	2,09
SsC	36574	5336,01	5470,08	10806,09	1,69
SdF	25463	3022,81	4281,47	7304,28	1,74
SdC	22685	3022,81	5470,08	8492,89	1,34
EsF	32870	8330,19	4281,47	12611,67	1,30
EsC	32407	8330,19	5470,08	13800,28	1,17
EdF	22685	4335,92	4281,47	8617,39	1,32
EdC	25000	4335,92	5470,08	9806,00	1,27
AsC	37963	1136,98	6381,76	7518,74	2,52
AdC	33333	1136,98	6381,76	7518,74	2,22

A irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial apresentaram custos fixos superiores à irrigação por aspersão convencional. Os tratamentos com sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial apresentaram os maiores custos fixos, independente do arranjo de plantio e método de adubação, isso, por causa do elevado custo dos tubos gotejadores. Os tratamentos EsF e EsC apresentaram o maior custos fixo entre os tratamentos, com valor de R\$ 8330,19 para ambos. Esse alto custo pode ser atribuído ao alto custo do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial e ao grande número de linhas de tubos gotejadores, já que os tratamentos em arranjo fileira simples são utilizados uma linha de tubo gotejador para uma fileira de planta, proporcionando assim um aumento de aproximadamente 50% em relação aos tratamentos com arranjo em fileira dupla que possui uma linha de tubo gotejador para duas fileiras de planta. Enquanto isso, as testemunhas com sistema de irrigação por aspersão convencional apresentaram os menores custos fixos com valores de 1136,98 R\$ para ambas, independente do arranjo de plantio e do método de adubação.

Em relação aos custos variáveis, as testemunhas com irrigação por aspersão convencional apresentaram valores superiores aos tratamentos com gotejamento superficial e subsuperficial, podendo ser justificado pela: maior demanda de pressão de serviço para o funcionamento adequado do sistema, maior necessidade de lâmina aplicada com conseqüente aumento no consumo de energia e também pela maior necessidade de mão de obra para a realização das capinas manuais. Por causa do fato da irrigação por gotejamento molhar uma pequena faixa do solo, as áreas localizadas entre linha de plantio permaneceram secas, tornando assim

menos propensa para o desenvolvimento de plantas daninhas permitindo uma redução na necessidade de mão de obra para realização de capinas. Além disso, devido a maior eficiência e maior intensidade de aplicação de água, a irrigação por gotejamento demandou uma menor lâmina de água e menor pressão de serviço, conseqüentemente reduzindo os custos com energia elétrica. Os tratamentos com fertirrigação apresentaram custos variáveis relativamente baixos com valor de R\$ 4281,47, podendo ser atribuída à redução de mão de obra para a realização da operação de adubação.

Para o custo total, os tratamentos com sistema de irrigação subsuperficial apresentaram valores superiores aos demais tratamentos. O menor custo total foi observado nas testemunhas com sistema de irrigação por aspersão convencional, com o menor valor entre todos os tratamentos avaliados, com um custo total de 7518,74 reais por hectare considerando um ciclo de cultivo. Enquanto que o tratamento EsC apresentou o maior custo total com um valor de R\$ 13800,28.

A relação benefício/custo de um sistema de produção, constitui um importante instrumento para orientar a tomada de decisão acerca dos investimentos por parte do produtor rural. Observa-se que todos os tratamentos apresentaram relação benefício/custo (B/C) superior a um o que indica que todos os tratamentos avaliados foram economicamente viáveis. Os tratamentos SsF, SsC, SdF e as testemunhas AsC e AdC apresentaram a maior relação benefício/custo demonstrando assim a superioridade desses sistemas de produção em relação aos outros tratamentos avaliados. A maior relação benefício/custo foi obtida pela testemunha AsC com valor de 2,52, seguido pela testemunha AdC com valor de 2,22. Entre os tratamentos com sistema de irrigação por gotejamento a maior relação benefício/custo foi obtida pelo tratamento SsF com valor de 2,09. Já a menor relação benefício/custo foi presenciado pelo tratamento EsC, com valor de 1,17 e pelo tratamento EdC com valor de 1,27.

A receita líquida auferida de acordo com cada tratamento e com número de ciclos de cultivo por ano são apresentados na Tabela 22. Quando cultivado somente um ciclo por ano, a testemunha AsC apresentou uma receita líquida de R\$ 11462,74, sendo superior aos demais tratamentos. Quando considera mais de um ciclo de cultivo por ano, o tratamento SsF apresentou as maiores receitas líquidas, demonstrando assim, ser um sistema de produção de milho-verde mais



economicamente viável para os produtores da região de Teresina-PI. Esse tratamento apresentou receita líquida nos valores de R\$ 26378,82; R\$ 42236,24 e R\$ 58093,65 para dois, três e quatro ciclos de cultivo por ano, respectivamente. Por outro lado, o tratamento EsC apresentou a menor receita líquida considerando um ciclo de cultivo por ano. Considerando mais de um ciclo de cultivo ao ano o tratamento SdC apresentou a menor receita líquida. Apesar de apresentarem as menores receitas líquidas, esses tratamentos obtiveram receitas líquidas positivas, o que comprova que esses sistemas de produção também podem ser uma alternativa economicamente viável para o produtor da região.

Independente do sistema de irrigação e do método de adubação, os tratamentos relacionados ao arranjo de plantio em fileira dupla, que apesar da redução dos custos com a diminuição no número de linhas de tubo gotejador, obtiveram receitas inferiores aos demais tratamentos com arranjo em fileira simples. Essa diminuição da receita líquida pode ser atribuída ao baixo rendimento da cultura quando utilizado o arranjo em fileira dupla, sendo atribuída principalmente às falhas de germinação da semente devido à cova de plantio localizar-se na extremidade da faixa molhada onde o solo apresentava-se com menor teor de umidade.

**Tabela 22** - Receita líquida (RL) em R\$ ha<sup>-1</sup> obtida em função dos tratamentos e o número de ciclos de cultivo durante o ano. Teresina, 2016

Tratamento	<u>1 ciclo</u> RL	<u>2 ciclos</u> RL	<u>3 ciclos</u> RL	<u>4 ciclos</u> RL
SsF	10521,40	26378,82	42236,24	58093,65
SsC	7480,94	20297,90	33114,85	45931,81
SdF	5427,20	13877,21	22327,22	30777,23
SdC	2849,70	8722,21	14594,72	20467,23
EsF	3823,52	15977,23	28130,95	40284,66
EsC	2403,43	13137,05	23870,67	34604,29
EdF	2725,20	9786,32	16847,44	23908,56
EdC	2694,00	9723,92	16753,83	23783,75
AsC	11462,74	24062,46	36662,18	49261,90
AdC	9147,92	19432,83	29717,73	40002,64

O sistema de irrigação por aspersão convencional, o mais utilizado pelos produtores da região, apesar de apresentar valores de receita líquida positivos e bastantes satisfatórios, proporcionou receitas inferiores ao sistema de irrigação por gotejamento superficial, exceto quando considera um ciclo de cultivo por ano, comprovando que esse sistema poderá ser uma boa alternativa para o produtor rural, proporcionando um maior rendimento econômico.

Na Tabela 23, são apresentados os percentuais de participação dos itens que compõe os custos totais de produção de cada tratamento. Já na Tabela 27, localizada no apêndice deste trabalho, são apresentados os valores dos itens que compõe os custos totais de produção de cada tratamento. Percebe-se que os custos variáveis têm maior participação no custo total para todos os tratamentos, porém, nota-se que os custos fixos nos tratamentos com gotejamento subsuperficial são superiores em relação aos custos fixos dos demais tratamentos, podendo ser justificado pelo elevado custo de aquisição do tubo gotejador.

As testemunhas com sistema de irrigação por aspersão foram as que apresentaram menores percentuais de participação do custo fixo em relação ao custo total, por causa do baixo custo de implantação do sistema de irrigação. Porém, os custos variáveis foram os que tiveram a maior participação no custo total quando comparado aos demais tratamentos. No tratamento EsF, os custos fixos representaram 32,07% dos custos totais, representando o maior custo fixo entre os tratamentos analisados. Nesse tratamento, destaca-se a participação de 14,9% dos custos com o sistema de irrigação, sendo atribuído ao elevado preço do tubo gotejador e ao grande número de linhas de tubos utilizados. As testemunhas AsC e AdC apresentaram os menores custos com sistema de irrigação, representando 2,7% de participação no custo total, para ambas.

Os gastos com insumos tiveram a maior participação nos custos variáveis em todos os tratamentos. Os tratamentos que utilizavam a adubação convencional como método de adubação apresentaram o maior gasto com insumos, podendo ser atribuída à baixa relação custo/benefício dos adubos fosfatos, já que o MAP (adubo fosfatado utilizado na fertirrigação) contém maior concentração de  $P_2O_5$  em relação ao superfosfato simples utilizado na adubação convencional. As testemunhas AsC e AdC demandaram maior gasto com mão de obra, representando 37,5% do custo total, para ambas. As duas testemunhas também tiveram maior participação dos custos com energia elétrica no custo total quando comparado aos demais tratamentos, com 3,7% de participação nos custos totais, podendo ser justificado pela maior demanda de pressão para o funcionamento do sistema.

**Tabela 23** - Percentagem da participação do custo fixo total (CFT) e custo variável total (CVT) no custo total (CT) de produção em função dos diferentes tratamentos. Teresina, 2016

Custos fixos e variáveis	% do custo total									
	SsF	SsC	SdF	SdC	EsF	EsC	EdF	EdC	AsC	AdC
Irrigação	12,9	10,6	8,8	7,1	14,9	12,5	11,8	7,7	2,7	2,7
Depreciação	9,3	7,7	5,2	4,2	13,5	11,4	10,0	6,6	0,6	0,6
Manutenção	1,6	1,3	1,1	0,9	4,3	3,6	3,4	2,2	1,0	1,0
<b>CFT</b>	<b>23,8</b>	<b>19,6</b>	<b>15,0</b>	<b>12,1</b>	<b>32,7</b>	<b>27,6</b>	<b>25,2</b>	<b>16,5</b>	<b>4,3</b>	<b>4,3</b>
Insumos	45,3	51,2	50,5	55,9	40,0	46,1	59,2	53,1	52,2	52,2
Mão de obra	26,7	25,7	29,8	28,1	23,6	23,2	34,9	26,7	37,5	37,5
Máquinas	2,7	2,2	3,0	2,4	2,4	2,0	3,5	2,3	2,3	2,3
Energia	1,6	1,3	1,7	1,4	1,4	1,2	2,0	1,3	3,7	3,7
<b>CVT</b>	<b>76,2</b>	<b>80,4</b>	<b>85,0</b>	<b>87,9</b>	<b>67,3</b>	<b>72,4</b>	<b>74,8</b>	<b>83,5</b>	<b>95,7</b>	<b>95,7</b>
<b>CT</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Na Tabela 24, são apresentados os custos unitários de espiga comercial de milho-verde para diferentes quantidades de ciclos por ano. O menor custo da espiga verde é presenciado na testemunha AsC para um ciclo de cultivo por ano e no tratamento SsF para mais de um ciclo de cultivo ao ano, o que tornam menos vulneráveis as oscilações de preços durante o ano, sendo portanto os mais indicados ao produtor.

Considerando um ciclo de cultivo por ano, o tratamento EsC teve o maior custo de espiga, com preço de R\$ 0,42 por unidade. Já para mais de um ciclo por ano o tratamento SdC foi o que teve o maior custo da espiga, com preço de R\$ 0,30 considerando dois ciclos de cultivo e R\$ 0,28 para três ciclos de cultivo por ano e R\$ 0,27 para quatro ciclos de cultivo por ano, sendo portanto o tratamento menos indicado e mais vulnerável as oscilações de preços para este caso. Por causa da sua vida útil mais longa, a tendência em médio e longo prazo é que os tratamentos com sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial tenham uma redução nos custos de produção, sendo todos os recursos aplicados na atividade econômica pagos, podendo assim proporcionar um lucro adicional em relação a outros sistemas de irrigação.

**Tabela 24** - Custo unitário da espiga comercial de milho-verde, em função das diferentes quantidades de ciclos de cultivo durante o ano. Teresina, 2016

Tratamentos	Custo unitário da espiga (R\$)			
	1 ciclo	2 ciclos	3 ciclos	4 ciclos
SsF	0,2388	0,1725	0,1505	0,1394
SsC	0,2955	0,2225	0,1982	0,1860
SdF	0,2869	0,2275	0,2077	0,1978
SdC	0,3744	0,3078	0,2855	0,2744
EsF	0,3837	0,2570	0,2147	0,1936
EsC	0,4258	0,2973	0,2545	0,2331
EdF	0,3799	0,2843	0,2524	0,2365
EdC	0,3922	0,3055	0,2766	0,2622
AsC	0,1981	0,1831	0,1781	0,1756
AdC	0,2256	0,2085	0,2028	0,2000

De acordo com a Tabela 25, o rendimento mínimo exigido para que não haja prejuízo econômico, considerando o preço da espiga comercial R\$ 0,50, foi obtido pelo tratamento SdF, independente do número de ciclos de cultivo ao ano, fato que demonstra ser esse o menos exigente em produtividade e conseqüentemente o menos vulnerável a problemas no processo produtivo do milho-verde. Já o tratamento EsC foi o que exigiu um maior rendimento, variando de 15105 a 27601 espigas por hectare, para que não haja receita líquida negativa, sendo assim o tratamento mais arriscado e mais vulnerável a problemas no processo produtivo. No entanto, percebe-se que ao longo do tempo com o cultivo de vários ciclos, essa exigência em maior rendimento para os tratamentos com gotejamento subsuperficial diminui consideravelmente, concluindo assim que sua utilização em longo prazo poderá ser uma boa alternativa para o produtor.

**Tabela 25** - Rendimento mínimo de espigas comerciais de milho-verde por hectare para que haja receita líquida positiva. Teresina, 2016

Tratamentos	Rendimento mínimo (espigas ha <sup>-1</sup> )			
	1 ciclo	2 ciclos	3 ciclos	4 ciclos
SsF	19235	13899	12120	11231
SsC	21612	16276	14498	13608
SdF	14609	11586	10578	10074
SdC	16986	13963	12955	12452
EsF	25223	16893	14116	12728
EsC	27601	19270	16494	15105
EdF	17235	12899	11454	10731
EdC	19612	15276	13831	13108
AsC	15037	13901	13522	13332
AdC	15037	13901	13522	13332

Considerando os rendimentos obtidos neste trabalho, todos os tratamentos obtiveram produtividade superior à mínima exigida para que a receita líquida seja positiva, comprovando assim, a viabilidade econômica dos três sistemas de irrigação avaliados na produção de espigas de milho-verde no município de Teresina-PI, independentemente do arranjo de plantio e da forma de adubação utilizada.

## 4 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, nas condições do experimento, pode-se concluir que:

1 A utilização dos sistemas de irrigação por gotejamento superficial, gotejamento subsuperficial e aspersão convencional no cultivo de milho-verde proporcionaram receitas líquidas positivas.

2 O sistema de irrigação por gotejamento superficial em arranjo fileira simples aliado a fertirrigação apresentou a maior viabilidade econômica.

3 Os tratamentos com arranjo em fileira simples apresentaram as maiores receitas líquidas.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R, da. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais, **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76. Abr./jun. 2008.
- ALBUQUERQUE, F. S.; SILVA, E. F. de F.; NUNES, M. F. F. N.; SOUZA, A. E. R. de. Alocação de biomassa e eficiência do uso da água em pimentão fertirrigado. **Engenharia Agrícola**, vol. 32, n. 2, p. 315-325, 2012.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O. da; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.36, n.2, p.143-151, 2005.
- BISCARO, G. A.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. da. Influência da aplicação de água no milho verde irrigado na região do Cerrado Sul-Mato-Grossense. **Agrarian**, v. 1, n. 1, p. 67-77, jul./set, 2008.
- BLANCO, F. F.; CARDOSO, M. J.; FREIRE FILHO, F. R.; VELOSO; M. E. C.; NOGUEIRA, C. C. P.; DIAS, N. S. Milho verde e feijão-caupi cultivados em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, n. 5, p. 524-530, maio 2011.
- CARDOSO. M, J.; RIBEIRO, V. Q.; MELO, F. B.; **Performance de Cultivares de Milho-Verde no Município de Teresina**, Piauí, 2011. Comunicado Técnico 227.
- CARVALHO, J. F.; TSIMPHO, C. J.; F. E SILVA, E. F. de; MEDEIROS, P. R. F. de; SANTOS, MAX H. VIEIRA DOS; SANTOS, ALEXANDRE N. Produção e biometria do milho verde irrigado com água salina sob frações de lixiviação. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 16, n. 4, Campina Grande, 2012.
- CASTRO, R. S. de. **Rendimentos de espigas verdes e de grãos de cultivares de milho após a colheita da primeira espiga como minimilho**. 2010. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia Área de Concentração Agricultura Tropical) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.
- CORDEIRO, J. C. **Levantamento detalhado do solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí**. Departamento de Engenharia Agrícola e Solos. Universidade Federal do Piauí, 2003.
- FRIZZONE, J. A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ/LER, 371p, 2005.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas, 2009. < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> > acessado em setembro de 2016.

MANTOVANI, E. C. **Avalia**: Programa de Avaliação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MERRIAN, J.L.; KELLER, J. Form irrigation system evaluation a guide for management. Logan Agricultural an Irrigation Engineering Department, 271p. 1978.

NASCIMENTO, F. N.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RIBEIRO, V. Q. Parâmetros fisiológicos e produtividade de espigas verdes de milho sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.2, p. 167-181, 2015.

SANTOS, W. O.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, v.19, n.4, p.559-572, outubro-dezembro, 2014.



## APÊNDICE

**Tabela 26** - Síntese da análise de variância para comprimento de espiga empalhada (CEE), comprimento de espiga despalhada (CED), diâmetro de espiga empalhada (DEE), diâmetro de espiga despalhada (DED), altura de planta (ALP), altura de inserção da espiga (AIE), produtividade de espiga comercial empalhada (PECE), produtividade de espiga comercial despalhada (PECD), número de espigas comerciais (NEC). Teresina, 2016

FV	GL	Quadrados médios								
		CEE (cm)	CED (cm)	DEE (cm)	DED (cm)	ALP (m)	AIE (m)	PECE	PECD	NEC
Fator 1 (F1)	1	0,15327 <sup>ns</sup>	0,05212 <sup>ns</sup>	0,01155 <sup>ns</sup>	0,00039 <sup>ns</sup>	0,0374 <sup>*</sup>	0,00694 <sup>ns</sup>	8616898 <sup>ns</sup>	4660222 <sup>*</sup>	72445105 <sup>ns</sup>
Fator 2 (F2)	1	5,36968 <sup>*</sup>	7,51176 <sup>**</sup>	0,70050 <sup>**</sup>	0,27717 <sup>*</sup>	0,0939 <sup>**</sup>	0,03477 <sup>**</sup>	173773896 <sup>**</sup>	73842803 <sup>**</sup>	1071674159 <sup>**</sup>
Fator 3 (F3)	1	0,02842 <sup>ns</sup>	0,08903 <sup>ns</sup>	0,01046 <sup>ns</sup>	0,03636 <sup>ns</sup>	0,0302 <sup>*</sup>	0,01468 <sup>ns</sup>	1329260 <sup>ns</sup>	2142347 <sup>ns</sup>	10716736 <sup>ns</sup>
Int. F1 x F2	1	1,29383 <sup>ns</sup>	0,04457 <sup>ns</sup>	0,11472 <sup>ns</sup>	0,05497 <sup>ns</sup>	0,0177 <sup>ns</sup>	0,01294 <sup>ns</sup>	13333346 <sup>*</sup>	6429351 <sup>*</sup>	61728382 <sup>ns</sup>
Int. F1 x F3	1	0,22130 <sup>ns</sup>	0,00284 <sup>ns</sup>	0,00007 <sup>ns</sup>	0,00113 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	0,00178 <sup>ns</sup>	3556689 <sup>ns</sup>	1838964 <sup>ns</sup>	34722194 <sup>ns</sup>
Int. F2 x F3	1	1,63498 <sup>ns</sup>	0,02000 <sup>ns</sup>	0,00191 <sup>ns</sup>	0,00005 <sup>ns</sup>	0,0260 <sup>ns</sup>	0,01897 <sup>*</sup>	3586007 <sup>ns</sup>	1674055 <sup>ns</sup>	6858715 <sup>ns</sup>
F1xF2xF3	1	0,00207 <sup>ns</sup>	0,06739 <sup>ns</sup>	0,01710 <sup>ns</sup>	0,00402 <sup>ns</sup>	0,0022 <sup>ns</sup>	0,00184 <sup>ns</sup>	122389 <sup>ns</sup>	5746 <sup>ns</sup>	1714683 <sup>ns</sup>
Tratamentos	7	1,2433 <sup>ns</sup>	1,1125 <sup>ns</sup>	0,1223 <sup>ns</sup>	0,0534 <sup>ns</sup>	0,0297 <sup>*</sup>	0,01313 <sup>**</sup>	7832613 <sup>*</sup>	4057243 <sup>*</sup>	86448300 <sup>**</sup>
Blocos	3	1,0898 <sup>ns</sup>	0,9078 <sup>ns</sup>	0,0769 <sup>ns</sup>	0,0448 <sup>ns</sup>	0,0253 <sup>**</sup>	0,02340 <sup>*</sup>	29188355 <sup>**</sup>	12941927 <sup>**</sup>	179979996 <sup>**</sup>
Resíduo	21	0,7269	0,9033	0,0594	0,0359	0,0064	0,00396	2200656	1043405	16799763
Médias		28,81	18,18	5,56	4,76	1,55	0,74	9859,97	6681,08	29745,36
CV (%)		2,96	5,23	4,38	3,98	5,18	8,43	15,05	15,29	13,78

\*, \*\*: Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo.

**Tabela 27** – Custos fixos e variáveis anuais de acordo com o tratamento, considerando quatro ciclos de cultivo por ano. Teresina, 2016

Custos fixos e variáveis	Custos (R\$ ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )									
	SsF	SsC	SdF	SdC	EsF	EsC	EdF	EdC	AsC	AdC
Irrigação	2898,0	2898,0	1765,4	1765,4	3785,7	3785,7	2025,2	2025,2	726,5	726,5
Depreciação	2086,0	2086,0	1043,0	1043,0	3445,8	3445,8	1722,9	1722,9	154,2	154,2
Manutenção	352,0	352,0	214,4	214,4	1098,7	1098,7	587,8	587,8	256,3	256,3
CFT	5336,0	5336,0	3022,8	3022,8	8330,2	8330,2	4335,9	4335,9	1137,0	1137,0
Insumos	10174,0	13928,4	10174,0	13928,4	10174,0	13928,4	10174,0	13928,4	13928,4	13928,4
Mão de obra	6000,0	7000,0	6000,0	7000,0	6000,0	7000,0	6000,0	7000,0	10000,0	10000,0
Máquinas	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0
Energia	351,9	351,9	351,9	351,9	351,9	351,9	351,9	351,9	998,6	998,6
CVT	17125,9	21880,3	17125,9	21880,3	17125,9	21880,3	17125,9	21880,3	25527,0	25527,0
CT	22461,9	27216,3	20148,7	24903,1	25456,1	30210,5	21461,8	26216,2	26664,0	26664,0