

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

INFLUÊNCIA DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO VIA SOLO E VIA CLIMA NA CULTURA
DO MILHO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Gideon Ujacov da Silva

ALEGRETE, NOVEMBRO DE 2017.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FARROUPILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO VIA SOLO E VIA CLIMA
NA CULTURA DO MILHO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Gideon Ujacov da Silva

Alegrete, 2017

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO VIA SOLO E VIA CLIMA NA
CULTURA DO MILHO**

Gideon Ujacov da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), como requisito parcial para obtenção do **grau de Bacharel em Engenharia Agrícola**

Orientadora: Prof^a. Ana Rita Costenaro Parizi

Alegrete, RS, Brasil

2017

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha
Universidade Federal do Pampa
Curso de Engenharia Agrícola

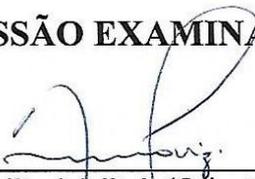
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o Trabalho de Conclusão de Curso

**INFLUÊNCIA DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO VIA SOLO E VIA CLIMA
NA CULTURA DO MILHO**

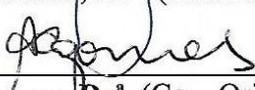
Gideon Ujacov da Silva

Como requisito parcial para a obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Agrícola

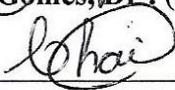
COMISSÃO EXAMINADORA



Ana Rita Costenaro Parizi, Dr^a. (Orientadora, IF Farroupilha)



Ana Carla dos Santos Gomes, Dr^a. (Co – Orientadora, IF Farroupilha)



Chaiane Guerra da Conceição, Ms^a. (IF Farroupilha)



Elton Pilar Medeiros, Técnico em Irrigação e Drenagem (IF Farroupilha)

Alegrete, 30 de Novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus que ilumina e conforta em todos os momentos difíceis.

Ao Instituto Federal Farroupilha-Campus Alegrete e a UNIPAMPA-Campus Alegrete, pela Graduação ofertada, e ao Grupo de Pesquisa em Engenharia de Irrigação pelo aprendizado.

À orientadora professora Dra. Ana Rita Costenaro Parizi pela oportunidade, dedicação, amizade, confiança depositada, pelos ensinamentos e lições vivenciados durante este período.

As co-orientadoras professoras Dra. Ana Carla dos Santos Gomes e Dra. Fátima Cibele Soares pelo constante acompanhamento, orientação, amizade, paciência, e ensinamentos auxiliando na realização deste e de outros trabalhos.

Ao Técnico dos laboratórios Elton Pilar Medeiros pelo constante acompanhamento, orientação, amizade e ensinamentos auxiliando na realização dos trabalhos.

Aos membros da Comissão Examinadora.

A minha família toda, pais, irmão, tios e vó pelo amor, carinho e apoio durante essa etapa da minha vida.

Aos colegas da faculdade e amigos que motivaram esta caminhada.

Aos colegas e companheiros do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria.

A todos os amigos pelo carinho, amizade, força e presença.

Muito Obrigado!

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso II
Curso de Engenharia Agrícola
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, RS, Brasil
Universidade Federal do Pampa, RS, Brasil

INFLUÊNCIA DO MANEJO DE IRRIGAÇÃO VIA SOLO E VIA CLIMA NA CULTURA DO MILHO

Autor: Gideon Ujacov da Silva
Orientadora: Ana Rita Costenaro Parizi
Alegrete, 30 de novembro de 2017.

Em agricultura irrigada, o manejo do sistema é uma parcela que contribui significativamente para o sucesso do empreendimento. Desta forma, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito do manejo da irrigação via solo e via clima sob a cultura do milho conduzida na região de Alegrete, RS. O experimento foi constituído de um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos (manejos de irrigação): via solo (T1), via clima (T2) e precipitação pluviométrica (T0) e 3 repetições, sendo repetido durante três safras consecutivas. A semeadura da cultura do milho foi realizada no mês de outubro para as três safras, sob sistema de plantio direto. Foi utilizado um sistema de irrigação do tipo aspersão convencional. Durante o ciclo da cultura foram determinados os seguintes parâmetros: Índice de área foliar, altura de plantas e número de folhas. Ao final do ciclo foram avaliados os componentes de produção de grãos. A lâmina total aplicada de água durante o ciclo da cultura, na última safra estudada ficou dentro da necessidade da cultura, já nas duas primeiras safras o volume total foi superior á necessidade da cultura, o índice de área foliar, altura de planta e numero de folhas apresentaram algumas diferenças estatisticamente significativa entre períodos analisados e tratamentos, já os parâmetros de número de espiga.planta⁻¹, número de grãos.espiga⁻¹ e peso médio dos grãos não apresentaram diferença estatísticas entre os tratamentos. Concluiu-se que os três anos de estudo, foram anos chuvosos na época de cultivo, com exceção do último ano, por esta razão os resultados com o uso da irrigação não foram expressivos, refletindo nos parâmetros avaliados. No entanto, ocorreram períodos de necessidade hídrica, exigindo irrigações suplementares, tornando o manejo de irrigação via solo mais eficiente por utilizar volume menor de água, sendo este recomendado, em razão do menor número de irrigações.

Palavras-Chave: tensiômetro, tanque classe A, produtividade.

ABSTRACT

Completion Work Course II
Agricultural Engineering Course
Federal Institute of Education, Science and Technology Farroupilha, RS, Brazil
Federal University of Pampa, RS, Brazil

INFLUENCE OF ONLY AND CLIMATE IRRIGATION MANAGEMENT IN CORN CULTURE

Author: Gideon Ujacov da Silva
Adviser: Ana Rita Costenaro Parizi
Alegrete, November 30, 2017.

In irrigated agriculture, the management of the system is a part that contributes significantly to the success of the enterprise. Thus, the objective of the study was to evaluate the effect of irrigation management via soil and via climate under corn cultivation conducted in the region of Alegrete, RS. The experiment consisted of a completely randomized design with three treatments (irrigation management): soil (T1), via climate (T2) and rainfall (T0) and 3 repetitions, being repeated during three consecutive harvests. The sowing of the corn crop was carried out in the month of October for the three harvests, under no-tillage system. A conventional sprinkler irrigation system was used. During the crop cycle the following parameters were determined: Leaf area index, plant height and number of leaves. At the end of the cycle the components of grain production were evaluated. The total applied leaf water during the crop cycle, in the last crop studied was within the need of the crop, already in the first two harvests the total volume was superior to the need of the crop, leaf area index, plant height and number of leaves showed some statistically significant differences between analyzed periods and treatments, whereas the number of spikes, plant number, number of grains, and grain weight did not present statistical differences between the treatments. It was concluded that the three years of study were rainy years at the time of cultivation, except for the last year, for this reason the results with the use of irrigation were not expressive, reflecting in the evaluated parameters. However, periods of water need occurred, requiring additional irrigation, making the management of irrigation via soil more efficient because it uses a smaller volume of water, and this is recommended, due to the lower number of irrigations.

Keywords: tensiometer, tank class A, productivity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. Geral.....	10
2.2. Específico(s).....	10
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3.1. A cultura do milho.....	11
3.2. Irrigação.....	12
3.3. Manejo de Irrigação.....	13
3.3.1. Manejo de Irrigação via solo.....	14
3.3.2. Manejo de Irrigação via clima.....	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
6. CONCLUSÃO.....	31
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho destaca-se no desenvolvimento econômico do Brasil, sendo considerada fonte na alimentação humana e animal, além disso, é uma planta que se encaixa na rotação de culturas de áreas agrícolas.

Na região fronteira oeste do Rio Grande do Sul, o milho é cultivado em 29.910 hectares, sendo implantada principalmente no período da safra, durante os meses de agosto a outubro (IBGE, 2013). A média pluviométrica anual para a região é de 1500 mm, porém, neste período, nos últimos anos ocorreu uma distribuição de chuvas irregular, com oscilações de 25 a 40% das médias para a região (CPTEC; INPE, 2015).

A necessidade hídrica da cultura varia de 500 a 600 mm, levando-se em consideração uma distribuição de chuvas regular, o que vai depender das condições climáticas do local. (CRUZ et al., 2010). Além disso, o manejo da cultura e a variedade empregada são parâmetros importantes no momento do cultivo.

O consumo de água da cultura do milho depende diretamente da demanda energética atmosférica, do conteúdo de água no solo e da resistência da planta à perda de água para a atmosfera. Sendo assim, torna-se necessário o estudo de parâmetros de apoio para cálculo da necessidade hídrica da planta.

Devido as suas exigências hídricas, o déficit nas fases críticas (pendoamento e enchimento de grãos), se tornam fatores limitantes para que a cultura atinja o máximo potencial produtivo. Por isso, para suprir essa necessidade, justifica-se a prática da irrigação. A aplicação desta tecnologia é considerada, atualmente, uma prática agrícola indispensável para obtenção de lavouras com ótima qualidade do produto final.

A irrigação permite obter benefícios como: o aumento dos lucros para o produtor, pois a irrigação propicia o aumento da produtividade e melhoria na qualidade dos produtos; incorporação de novas áreas ao sistema produtivo viabilizando a implantação de lavouras em regiões mais secas, nas quais sem a irrigação os plantios são impraticáveis ou de baixas produtividades. Também reduz os riscos de perda da produção e melhora da qualidade de vida do homem do campo.

Para que as irrigações elevem as produtividades, deve se levar em conta vários fatores, pois aplicações de lâminas insuficientes repõem água apenas nas camadas superficiais do solo, não umedecendo toda a zona radicular. Em consequência diminui consideravelmente a

reserva hídrica útil do solo, prejudicando as plantas, desperdiçando recursos valiosos e aumentando os custos da água aplicada.

Na agricultura irrigada, o manejo da água é uma parcela que contribui significativamente para o sucesso do empreendimento. Muitos sistemas são bem dimensionados e apresentam déficit econômico em função da aplicação inadequada da água.

Uma vez que são considerados critérios de solo, planta e atmosfera que indicam o momento e a quantidade ideal da lâmina de irrigação. Lâminas excessivas, além de serem o motivo de perda de água e energia, também influenciam no processo erosivo da área através do escoamento superficial. Em contrapartida, lâminas deficitárias podem submeter às plantas a um processo de estresse que conduza a uma redução da produção final.

Existem vários métodos de manejo de irrigação que podem ser adotados. Para a seleção de um desses métodos deve-se levar em consideração principalmente a disponibilidade dos equipamentos que auxiliam na coleta de dados e conseqüentemente na formulação e intervalo de lâminas de irrigação.

O estudo do manejo de irrigação em áreas irrigadas é de grande importância para obtenção da adequada lâmina de irrigação a ser aplicada a fim de se obter o máximo potencial produtivo de cada cultura.

Desta forma, visando à máxima eficiência do sistema de irrigação, deve-se adotar um manejo de irrigação, o qual proporcione o controle de quando e quanto devemos irrigar.

Entre os vários métodos de manejos de irrigação que podem ser adotados, neste trabalho vamos abordar sobre o manejo de irrigação via clima e o manejo de irrigação via solo por tensiometria.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Avaliar o efeito do manejo da irrigação via solo e via clima sob a cultura do milho.

2.2. Específico(s)

- Avaliar a utilização de água e a eficiência de uso da água em cada manejo de irrigação testado;
- Avaliar o crescimento, o desenvolvimento e produção final da cultura do milho em cada manejo de irrigação testado;
- Verificar o manejo de irrigação que melhor se adapte a cultura do milho na região de Alegrete, RS.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. A cultura do milho

A cultura do milho (*Zea mays* L.) no cenário agrícola está entre as plantas de maior eficiência comercial, originado das Américas, mais especificamente no país do México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos. A produção de milho tem crescido anualmente, principalmente devido às atividades de avicultura e suinocultura, onde o milho pode ser consumido diretamente ou ser utilizado na fabricação de rações e destinado ao consumo de animais (MARCHI, 2008).

O milho está em terceiro lugar do ranking mundial das culturas agrícolas, com cerca de 81.811,4 milhões de toneladas produzidas, em uma área de 15.569,6 milhões de hectares cultivados. É praticamente cultivado em todo o território brasileiro, sendo que 77,9% da produção concentram-se nas regiões Sul (28,6%), Sudeste (23,2%) e Centro-Oeste (43,9%).

O Rio Grande do Sul deverá ocupar no na safra 2015/2016 o 6º lugar entre os estados na produção desta cultura, com uma área plantada de 941,10 mil ha ficando atrás do Mato Grosso (3339,0 mil ha), Paraná (2435,9 mil ha), Mato Grosso do Sul (1580,5 mil ha), Minas Gerais (1272,0 mil ha) e Goiás (1264,9 mil ha) (CONAB, 2015).

O milho como as demais culturas, requer uma interação de um conjunto de fatores edafoclimáticos apropriadas para o bom desenvolvimento e produtividade. Requer, preferencialmente, solos de textura média, contendo teores em torno 30 de 35% de argila, profundos, para que o sistema radicular possa desenvolver e penetrar em busca de água e de seus nutrientes essenciais para o devido crescimento (SANS; SANTANA, 2002).

Referindo-se ao clima, a cultura exige temperatura diurna entre 21°C e 27°C, principalmente da emergência a floração, e temperatura noturnas superiores a 24°C. O clima ideal para à cultura é aquele que apresenta verões quentes e úmidos durante o ciclo vegetativo, acompanhado de invernos secos o que vem a facilitar a colheita e o armazenamento (SILVA et al., 2010).

A planta é uma das culturas que mais necessita de água durante seu ciclo. Observa-se altas taxas de variações no rendimento da cultura, decorrente de instabilidades no regime de chuvas, período conhecido como déficit hídrico, sendo que é muito exigente em água. A quantidade de água que a planta consome, perante seu ciclo, é estimada entre 500 e 600 mm, e

o consumo diário varia dependendo da temperatura e estágio de desenvolvimento da planta (CRUZ et al., 2010).

3.2. Irrigação

O setor agrícola é um dos maiores consumidores de águas derivadas de rios, lagos e aquíferos subterrâneos. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), cerca de 72% da água consumida no Brasil é destinada à irrigação agrícola. A utilização desordenada e o mau gerenciamento dos recursos hídricos geram vários problemas sociais e ambientais de grande relevância, relativos tanto à disponibilidade quanto à qualidade da água (BRANDÃO et al., 2006).

A técnica da irrigação é uma prática agrícola que tem por objetivo suprir as necessidade hídrica das culturas agrícolas no decorrer de todo o seu ciclo, sendo que as exigências hídricas irão depender das condições climáticas vigentes e da disponibilidade de água no solo (SENTELHAS et al., 2001 e GOMES, 1997).

A prática de irrigação permite o fornecimento de água nos períodos críticos da cultura e nos períodos de estiagem, e ainda possibilita à utilização contínua da área, possibilitando a fim de possibilitar duas ou três safras por ano no mesmo local, de acordo com a espécie cultivada e da região (RESENDE; ALBUQUERQUE; COUTO, 2003).

Devido aos benefícios que a técnica de irrigação proporciona, o cultivo do milho irrigado vem crescendo no mundo, Para Borges (2003) , a produtividade da cultura do milho em condições irrigadas pode ser superior de 30 a 40% em relação à área do cultivo de sequeiro, além disso, em condições irrigadas, a cultura do milho é uma alternativa interessante principalmente na entre safra, sendo uma cultura de suma importância em sucessão de culturas em áreas de plantio direto, devido à sua alta quantidade de palha produzida.

Trabalho realizado por Parizi (2007) no município de Santiago/RS com a cultura do milho irrigado comprova a eficiência da irrigação. A produtividade obtida na área sem irrigação foi de 9.225,52 kg.ha⁻¹, já na área com irrigação obteve-se uma produtividade de 12.874,44 kg.ha⁻¹, tendo um incremento de 3.651,92 kg.ha⁻¹. Diante dessa situação, a autora conclui que a utilização da irrigação na cultura do milho é eficiente, principalmente pelo seu potencial produtivo, uma vez que sua produtividade em condições irrigadas foi de 3.651,92 kg.ha⁻¹ superior ao cultivo do milho em sequeiro.

Com o aumento expressivo da produtividade da cultura do milho, devido as tecnologias adotadas, principalmente a técnica de irrigação, teremos conseqüentemente uma maior demanda da mão-de-obra humana, possibilitando uma fixação do homem no meio rural. Diminuindo também os riscos de perdas de safra e dos investimentos realizado em virtude das tecnologias adquiridas. Além disso, permite o uso eficiente de fertilizantes e possivelmente no decorrer das safra introduzir culturas de maior valor econômico (BERNARDO, 1995).

Para que um sistema de irrigação seja eficiente e ter fins lucrativos visando uma maior produtividade, deve-se adotar um manejo correto da irrigação, que consiste no monitoramento de aplicação de água na quantidade necessária das plantas e no momento ideal. Muitos agricultores por falta de informações técnicas, irrigam em excesso, sendo que a cultura sofre um estresse hídrico, comprometendo a produção. A quantidade de água que for em excesso terá como consequência a redução da produção, o desperdício de energia e de água utilizada nos bombeamentos. Além disso, ocasiona a redução do espaço aéreo no solo afetando o processo de respiração radicular das plantas (LIMA et al., 2006).

A maioria dos sistemas de irrigação são projetados de maneira satisfatória, em contrapartida, baixas produtividades obtidas em lavouras com cultivo de milho irrigado, se dão devido a falta da adoção de manejos de irrigação ou manejo inadequado da irrigação (BULL, 1993).

3.3. Manejo de Irrigação

Para otimizar o uso da água durante as irrigações, deve ser realizado um correto manejo da lâmina aplicada. O manejo de irrigação é o momento onde se decide quando irrigar as culturas e quanto aplicar de água. Esse é o meio para melhorar a produção agrícola e conservar a água, além de ser o caminho para melhorar o desempenho e a sustentabilidade de sistemas de irrigação (SOARES, 2010).

Para Reichardt (1990), a água deve ser aplicada ao solo quando o seu potencial hídrico ainda está suficientemente alto (menos negativo) sem expor a planta a uma carência de água que afete seu desenvolvimento e, quando a condutividade hidráulica do solo ainda que estiver suficientemente alta, para atender a demanda evaporativa da atmosfera. Deve ser fornecida na quantidade certa para evitar perdas, tanto por escoamento superficial, quanto por drenagem profunda.

A quantidade de água a ser aplicada em sistemas de irrigação é um dos pontos mais importantes da irrigação no seu manejo (BERNARDO, 1989). O momento da irrigação pode ser efetuado levando-se em consideração os indicadores de solo, clima e planta.

O quanto de água aplicar é normalmente calculado com base na quantidade de água consumida pela cultura, dividida pela eficiência de irrigação. A quantidade de água consumida pela cultura pode ser estimada por meio da evapotranspiração real ou por meio da variação do teor de água no solo. Sendo que a quantidade de água a ser aplicada por irrigação tem de ser compatível com a capacidade de retenção de água na zona radicular da cultura (BERNARDO, 1989).

Este autor ressalta que a frequência da irrigação requerida para uma cultura, sob determinado clima, depende grandemente da quantidade de água que pode ser armazenada no solo, após uma irrigação. Faz-se necessário caracterizar a água quantitativamente, para fins de estudo de sua disponibilidade, para as plantas, durante a sua movimentação pelo solo.

3.3.1. Manejo de Irrigação via solo

Os métodos de medidas de água no solo são divididos em gravimétricos, eletrométricos e tensiométricos (BERNARDO, 1995). O método gravimétrico é um método direto e bastante preciso, mas demanda muita mão-de-obra e necessita de determinações periódicas no campo e equipamentos como, balança de precisão e estufa.

O método eletrométrico é um método indireto, mede a tensão de água retida no solo, sendo de formas diferentes. Este método pode ser aplicado através do aparelho de *Bouyoucos*, o qual possui uma cápsula de gesso que se mantém em equilíbrio com a tensão da água no solo, variando a resistência elétrica entre dois eletrodos inseridos no bloco de gesso. O aparelho de *Colman* possui o mesmo princípio, porém uma cápsula de fibra de vidro. Este aparelho também mede a temperatura para realizar a correlação do valor da tensão (BERNARDO, 1995).

O método tensiométrico é um método direto para determinar a tensão de água no solo e um método indireto para determinar a porcentagem de água no solo. É constituído por uma placa de cerâmica ligada por meio de um tubo a um manômetro, em que a tensão é lida. Para Villagra (1988) o manejo da irrigação baseado no potencial de água no solo é a maneira mais racional de uso da água e, para a determinação do potencial mátrico em condições de campo, o tensiômetro é o equipamento mais utilizado e recomendado (VILLAGRA, 1988 e KLEIN,

2001).

O uso de tensiômetros em manejos de irrigação possui varias vantagens em comparação a outros métodos, como o conhecimento em tempo real da tensão de água no solo, facilidade de manuseio, custo relativamente baixo é facilmente encontrado no comércio por agricultores. De forma geral o desconhecimento do equipamento e o uso inadequado por técnicos e produtores esta limitando a difusão desse equipamento no manejo de irrigação (AZEVEDO; SILVA, 1999).

O tensiômetro foi criado por Gardner em 1922, e é utilizado para aferir a tensão exercida pela água nas partículas do solo, também chamada de potencial matricial (SILVA et al. 1999). Sendo assim, através desse aparelho podemos determinar o teor de água atual no solo e a quantidade de água que esta acumulada no perfil do solo (BRAGA et al. 2012).

O principio de funcionamento do tensiômetro baseia-se na formação do equilíbrio entre a solução do solo e a água contida no interior do aparelho. Quando a cápsula porosa entra em contato com o solo e a água do tensiômetro entra em contato com a água que esta no solo, ocorre o equilíbrio. A água que esta presente no solo exerce uma sucção sobre a cápsula do instrumento, retirando água do tensiômetro, dessa maneira diminuindo a pressão interna, com o instrumento gerando uma pressão negativa, que no caso é o potencial matricial da água no solo (COELHO e TEIXEIRA, 2004).

Como qualquer outro aparelho, o tensiômetro também apresenta limitações, mas tem sido utilizado de maneira satisfatória na determinação do potencial matricial dos solos irrigados (BAKKER et al. 2007).

De maneira geral, os agricultores que adotaram os tensiômetros para auxiliar nas irrigações, tem obtido bom resultados, dependendo da cultura e das condições de clima e manejo consegue-se minimizar a aplicação de lâminas entre 25 a 40% comparando à sistemas sem manejos de irrigação (AZEVEDO e SILVA, 1999).

Costa (2004) cita outros aparelhos, como TDR's, raio gama e sondas, os quais equipamentos extremamente caros e ainda os últimos podem causar danos à saúde se usados inadequadamente.

3.3.2. Manejo de Irrigação via clima

De acordo com Klar (1991) o clima é o fator que mais afeta a perda de água de uma cultura.

Para Bernardo et al. (2006), os métodos de manejo de irrigação via clima são classificados como métodos diretos e métodos de estimativas por meio de informações climáticas. Referindo-se a métodos diretos temos o método dos lisímetros, método das parcelas experimentais e o método do controle da umidade no solo. Os métodos de estimativa por meio de informações climáticas estão enquadrados como métodos teóricos e empíricos, como Penman-Monteith, Blaney e Criddle, Hargreaves e os evaporímetros como o tanque “Classe A” dentre outros.

No que se refere a medidas climáticas, a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a precipitação efetiva são os dois principais parâmetros para estimar a quantidade de irrigação de uma cultura (BERNARDO, 1995). E o conhecimento da evapotranspiração da cultura é fundamental em projetos de irrigação, pois representa a quantidade de água que deve ser repostada ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais.

A evapotranspiração é um fenômeno associado à perda conjunta de água do solo pela evaporação e pela transpiração da planta. Por ser esta quantidade de água o total perdido, ela deve ser repostada para que seja possível manter sempre o sistema de cultivo em condições de máximo relacionamento com o meio (OMETTO, 1981).

Utilizando modelos micrometeorológicos, as técnicas de controle de irrigação baseiam-se na estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o). Esse termo é definido por Doorenbos e Pruitt (1977) como aquele que ocorre em uma extensa superfície coberta com grama de 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água.

De acordo com Pereira et al. (2009), os métodos de determinação da ET_o podem ser classificados em diretos e indiretos. Para a medida direta de evapotranspiração os equipamentos mais utilizados para esse fim são os lisímetros. Lisímetro ou evapotranspirômetro é um equipamento que consiste de uma caixa impermeável, contendo um volume de solo que possibilita conhecer com detalhe alguns termos do balanço hídrico. Os lisímetros mais empregados são: lisímetro de drenagem e lisímetro de lençol freático constante.

Doorenbos e Pruitt (1977) colocam como tanques de evaporação: Tanque U.S.W.B. Classe A, onde a evapotranspiração é determinada multiplicando-se a evaporação do tanque por um coeficiente de correção (coeficiente do tanque, “K_p”) a ser determinado para as condições locais. Uma alternativa também é o Mini-Tanque, desenvolvido por Costa (2004), o qual é capaz de estimar a evaporação do Tanque Classe “A” diretamente com médias

decendiais, sendo que para médias quinquidiais deve-se corrigir o parâmetro linear com correção dos coeficientes linear e angular.

No que se refere ao intervalo entre as irrigações ou turno de regas, Bernardo (1989) coloca que para a irrigação com turno de rega prefixado, o turno de rega deve ser definido de modo que atenda somente a 70 a 80% da demanda evapotranspirométrica no período de maior demanda. Sendo que antes do período de maior demanda evapotranspirométrica, a irrigação reporá no solo toda a umidade no intervalo entre duas irrigações, mantendo assim o perfil do solo com máxima disponibilidade de água.

No período com maior demanda evapotranspirométrica, já que o sistema não terá capacidade de suprir toda a água necessária, a planta completará suas necessidades retirando água das camadas mais profundas ou das precipitações pluviométricas que por ventura caírem nesse período, sendo que a lâmina real aplicada por irrigação deverá ser igual ao somatório, no período, da evapotranspiração real da cultura para os sistemas com irrigação total, ou igual ao somatório da evapotranspiração real da cultura menos a precipitação efetiva, no período, para os sistemas de irrigação suplementar (BERNARDO, 1989).

Para a irrigação com turno de rega variável, Bernardo (1989) ressalta que tal estratégia permite a adequação da irrigação as diferentes fases de desenvolvimento vegetativo das culturas, bem como à variação da demanda evapotranspirométrica ao longo do ciclo da cultura. Este procedimento pode ser feito por todos os métodos já citados acima, ou seja, pelos indicadores de solo, clima e planta.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da Área Experimental

O trabalho foi desenvolvido em área experimental do Setor de Irrigação e Drenagem do Instituto Federal Farroupilha (IF Farroupilha) – Campus de Alegrete/RS. A área experimental está localizada nas coordenadas geográficas 29° 42' 51,77" latitude sul, e 55° 31' 24,56" longitude oeste.

O solo da área experimental utilizado para a pesquisa é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2005). O clima da região é classificado como Cfa subtropical úmido sem estação seca e com temperaturas variando de 14,3°C no inverno a 26,3°C no verão, com média de precipitações anuais de 1400 mm (MORENO, 1961).

Foram coletadas amostras de solo para obtenção da caracterização química. As amostras deformadas de solo foram retiradas a 10 cm e a 30 cm de profundidade do local do experimento, conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004). Estas foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Químicas dos Solos do IF Farroupilha – Câmpus São Vicente do Sul.

Foram realizadas também as análises físico-hídricas, tais como: infiltração, macro e micro porosidade, densidade de solo e de partícula e granulometria. O teste de infiltração foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Bernardo (2006). Os demais ensaios, como o ensaio de macro e micro porosidade, densidade do solo e de partícula e análise de granulometria foram realizados de acordo com a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise de Solo, EMPRAPA (1997).

O experimento foi constituído de um delineamento experimental inteiramente casualizado com 3 tratamentos (manejos de irrigação): Precipitação (T0), Via clima (T1) e Via solo (T2) (figura 1) com três repetições cada tratamento, sendo que o experimento foi desenvolvido durante três safras consecutivos, 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017.

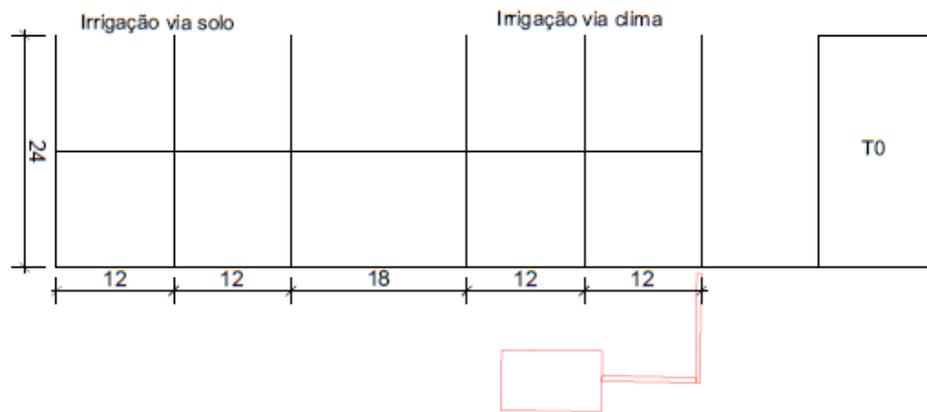


Figura 1 – Croqui da Área Experimental.

A semeadura da cultura do milho foi realizada no primeiro ano no dia 15 de outubro de 2014, no segundo ano no dia 23 de outubro de 2015 e no terceiro ano no dia 07 de outubro de 2016 todos sob sistema de plantio direto e na mesma área. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,45 m, juntamente com a semeadura foi colocado 320 kg/ha de Adubo NPK na formulação 05-25-25. Durante o ciclo da cultura foi aplicado 300 kg de uréia por hectares (45% de nitrogênio) em cobertura, fracionado em três aplicações, V3, V6 e V9. A questão da adubação e manejo da cultura foi igual para os três anos de estudo.

4.2. Irrigação

Foi utilizado um sistema de irrigação do tipo aspersão convencional constituído por uma linha principal medindo 60 m e seis linhas laterais fixas medindo 12 m cada uma, ambos de PVC e diâmetro de 50 mm. O espaçamento das linhas laterais será de 12 m, interligadas com engate rápido. Os aspersores foram conectados a essas linhas com espaçamento de 12 m e altura de 1,5 em relação ao solo. Ao lado do sistema de irrigação, nos próximos 20 m será dada continuidade à semeadura para analisar o tratamento testemunha.

Os aspersores utilizados foram da marca NAAN, modelo 5022, giro completo. Foram utilizados 12 aspersores em todo o experimento, sendo todos com bocais de 4,0 mm de diâmetro com pressão de serviço de 30 psi.

Na aplicação do T2 foi utilizada a equação:

$$I = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Em que: Li é a lâmina de irrigação (mm), Ucc é a umidade correspondente a capacidade de campo, MI é a umidade correspondente a tensão crítica (cm^3/cm^3), p é profundidade efetiva do sistema radicular (mm) e Ea é a eficiência de aplicação do sistema.

Para a determinação da Ucc foi realizada a calibração de tensiômetros do tipo vacuômetro metálico tipo Bourdon. Foi realizada a coleta do solo utilizado na área experimental, onde o mesmo foi saturado em vasos no Laboratório de Solos do Instituto Federal Farroupilha – Câmpus Alegrete. Foi montada um conjunto de 3 repetições, onde os tensiômetros foram instalados a aproximadamente 15 cm de profundidade. Foram realizadas leituras diárias de tensão de água no solo e coletas para a determinação da umidade. Este procedimento foi realizado o tempo suficiente para o solo estabilizar e entrar em ponto de murcha permanente. Desta forma determinamos a umidade e construímos a curva.

Para a obtenção da MI , foi realizado um calculo utilizando a função gerada pelo gráfico da curva de retenção, sendo que esse valor foi calculado quando a tensão dos tensiômetros estavam próxima a 400 mmhg.

A determinação do p foi realizada quinzenalmente, onde foram abertas três pequenas trincheiras ao lado da planta, de maneira que possibilitou verificar a profundidade que se encontram cerca de 80% das raízes efetivas (VIEIRA, 1996).

Para a determinação da Ea foi utilizada a seguinte fórmula, conforme descrito por Bernardo (2006).

$$Ea = \frac{Lmc \cdot S1 \cdot S2}{Qa \cdot Ti} \quad (2)$$

Em que: Ea é a eficiência de aplicação do sistema, Lmc é a lâmina média coletada (mm), $S1$ é o espaçamento entre aspersores (m), $S2$ é o espaçamento entre laterais (m), Qa é a vazão média do aspersor (l/s) e Ti é o tempo de irrigação (h).

A definição do “quando irrigar”, foi feita com base nas leituras dos tensiômetros instalados na área experimental. Foram instalados uma bateria de 3 repetições em 5 profundidades, sendo: 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 e 50 cm, totalizando 15 unidades. De acordo com avaliações semanais da profundidade do sistema radicular da cultura e leituras diárias dos tensiômetros, o sistema era ligado sempre que acusava 40 cbar (GUERRA et al., 1994, apud MEDEIROS et al., 2013).

Na aplicação do T1 as irrigações foram aplicadas com base nas leituras diárias de evaporação do Tanque Classe A, situado na estação meteorológica do Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET), instalado no IF Farroupilha – Campus Alegrete. Para a obtenção das lâminas de irrigação foi aplicada a seguinte fórmula:

$$ETc = \frac{EV}{Kp \cdot Kc} \quad (3)$$

Em que: *ETc* é evapotranspiração de referência (mm), *EV* é a evaporação do Tanque Classe A (mm), *Kp* é coeficiente do tanque classe A e *Kc* é coeficiente de cultura.

Para a determinação do *EV* foram realizadas leituras diárias de evaporação de um tanque classe A. Os valores de *Kp* e *Kc*, foram obtidos de acordo com Büchele e Silva (1992) em tabelas. A lâmina de irrigação foi reposta em turno de rega fixo a cada 4 dias, onde foi realizado o somatório da *ETc* do período e subtraído em caso de precipitação pluviométrica.

4.3. Parâmetros determinados durante o ciclo da cultura

Durante o ciclo da cultura foram determinados os seguintes parâmetros:

Índice de área foliar

As determinações de área foliar tiveram início aos 15 dias após a emergência (DAE). As determinações foram realizadas em 9 plantas de cada tratamento, em períodos quinzenais. A área foliar das plantas foi calculada através do produto das medidas de comprimento e maior largura de cada folha, multiplicada pelo coeficiente de 0,75 (STICKLER et al., 1961). A estimativa do índice de área foliar foi determinada através da média do comprimento das folhas (comp. médio), média da largura das folhas (lar. média), fator de correção de 0,75, número de folhas (nº. folhas) e número de plantas.m⁻² (nº. plantas/m²), sendo:

$$IAF = \frac{n^\circ \text{ plantas}}{m^2} \cdot \frac{n^\circ \text{ folhas}}{\text{planta}} \cdot \frac{\text{Área foliar média}}{10000} \cdot 0,75 \quad (4)$$

Altura de plantas

Juntamente com as medidas de área foliar foram realizadas medidas de altura de plantas (cm). Essas foram realizadas medindo-se a distância vertical entre a superfície do solo e o ponto de inserção da última folha utilizando-se trena graduada.

4.4. Colheita

Produtividade

A produtividade da cultura foi avaliada no final do ciclo, quando foram coletadas as espigas de milho em 15 metros lineares dentro de cada tratamento, sendo três repetições de 5 metros lineares, coletadas em lugares distintos dentro da mesma parcela.

Após à coleta das espigas das plantas, as mesmas foram colocadas em estufa à temperatura de 60°C durante 72 horas (tempo suficiente para obtenção da massa constante) para a devida secagem.

Posterior a secagem, as espigas foram debulhadas e a massa de grãos foi determinada, obtendo-se a produtividade para os 15 metros lineares, em seguida foi feita a média de produtividade para cada 5 metros lineares de cada tratamento. Com o conhecimento do espaçamento entre linhas adotado para a semeadura da cultura e as dimensões de um hectare, obtém-se o número de metros lineares em um hectare, sendo assim, foi feita uma proporção de produtividade para o número de metros lineares em um hectare.

Componentes de produção de grãos

Foram utilizadas para as determinações cinco plantas de cada repetição dentro de cada tratamento ao final do ciclo das culturas. As plantas foram cortadas rente ao solo, colocadas em envelope de papel, identificadas e colocadas em estufa à 60°C durante 72 horas (tempo suficiente para obtenção da massa constante) e posterior foi feita a pesagem.

Foram determinados os componentes do rendimento, tais como: número de espigas por planta, número de grãos por espiga e peso de mil dos grãos.

Para interpretação dos resultados foi realizada a análise da variância. Caso houver significância, as médias serão comparadas entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Foi utilizado o programa computacional *Assistat 7.7 Beta*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados encontrados nos três anos de pesquisa serão apresentados e discutidos nessa etapa.

O gráfico 01 apresenta os resultados encontrados na calibração dos tensiômetros em laboratório.

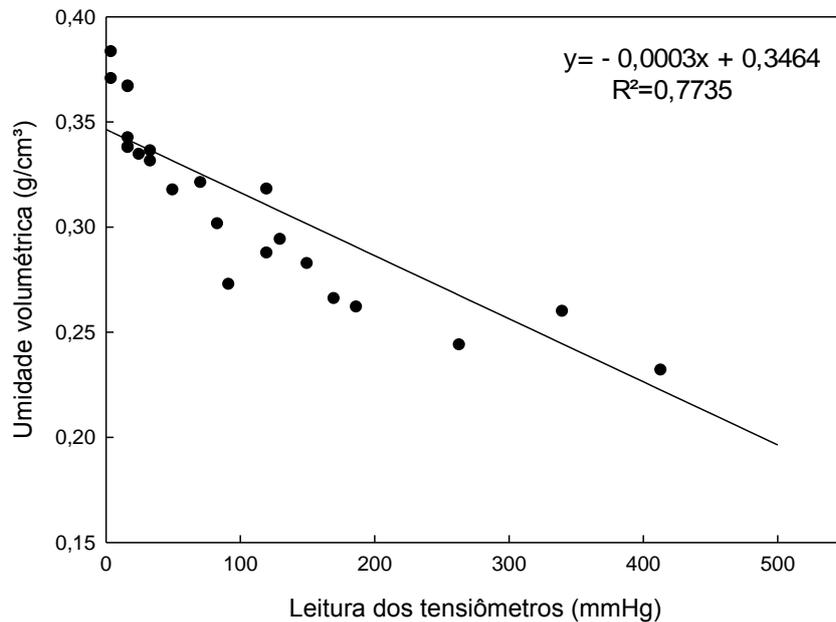


Figura 02– Calibração dos tensiômetros.

A calibração demorou em torno de três meses, sendo que, quando os valores medido nos tensiômetros chegaram aos 400 mmHg, a calibração se deu por encerrada, devido a Guerra et al., 1994, apud Medeiros et al., 2013, que afirma que, quando os tensiômetros chegar a uma tensão de 400 mmHg deve se realizar irrigação de acordo com a necessidade.

A Tabela 01 apresenta os dados que caracterizam os tratamentos em cada bloco, indicando a quantidade total de lâmina aplicada durante o ciclo da cultura do milho nos três anos de estudo.

Tabela 01: Valores de número de irrigações, lâmina média aplicada, irrigação total (mm), precipitação pluvial (mm) e total de água aplicado (irrigação e precipitação) (mm) ao longo do ciclo da cultura do milho.

Tratamento	Nº de irrigações	Irrigação total (mm)	Lâmina média aplicada.irrigação⁻¹ (mm)	Precipitação Pluvial (mm)	Total de água aplicado (mm)
Safra 2014/2015					
T0	0	0,00	0,00	829,60	829,60
T1 (via clima)	7	89,25	12,75	829,60	918,85
T2 (via solo)	4	29,20	7,20	829,60	858,80
Safra 2015/2016					
T0	0	0,00	0,00	952,60	952,60
T1 (via clima)	7	97,52	13,93	952,60	1050,12
T2 (via solo)	2	54,62	27,30	952,60	1007,22
Safra 2016/2017					
T0	0	0,00	0,00	495,16	495,16
T1 (via clima)	9	91,35	10,15	495,16	586,51
T2 (via solo)	3	31,58	10,58	495,16	526,74

De acordo com a tabela 01 pode se observar que o tratamento T1 teve o maior volume de água aplicada, durante os três, sendo que na safra 2015/2016 apresentou a maior lamina, com 1050,12 mm, tendo também o maior número de irrigações realizadas (9 irrigações), sendo na safra seguinte. Com relação ao tratamento T2 foram realizadas menos irrigações no geral, sendo aplicado um volume total máximo na safra 2015/2016 de 1007,22mm durante todo seu ciclo. No T0 todo o volume de água foi aplicado através de precipitações naturais (chuvas) sendo que na safra 2015/2016 esse volume foi maior, com 952,60 mm.

De acordo com Fancelli (2001) as precipitações totais nas safras 2014/2015 e 2015/16 foram superiores as necessidades da cultura, já na safra 2016/2017 as precipitações totais ficaram dentro das necessidades, sendo que a da cultura do milho fica em torno de 400 à 600mm de água por ciclo.

A Tabela 02 apresenta os valores médios de índice de área foliar (IAF) em cada tratamento após a emergência (DAE) durante as três safra.

Tabela 02: Valores médios do IAF (m².m²) durante o ciclo da cultura do milho.

Tratamentos	DAE				
	12	40	55	89	104
Safra 2014/2015					
T0	0,25a	3,76a	6,65a	6,80a	5,36a
T1 (via clima)	0,22a	3,99a	6,56a	6,50a	4,25b
T2 (via solo)	0,33a	6,08a	5,98a	7,39a	5,56a
Média	0,15	4,61	6,40	6,90	5,06
Desvio Padrão	0,15	3,55	1,64	1,38	1,16
CV (%)	23,65	30,79	10,28	8,01	9,21
Tratamentos	DAE				
	20	34	45	59	74
Safra 2015/2016					
T0	0,62a	1,26b	3,13a	5,03b	3,03b
T1 (via clima)	0,80a	2,53a	4,77a	7,18a	4,15a
T2 (via solo)	0,63a	2,27ab	4,49a	6,83ab	4,84a
Média	0,68	2,02	4,13	6,35	4,00
Desvio Padrão	0,44	1,23	2,6	2,09	0,81
CV (%)	25,86	24,41	25,20	13,15	8,14
Tratamentos	DAE				
	20	33	48	62	76
Safra 2016/2017					
T0	0,41a	2,85a	5,75b	5,03b	7,67a
T1 (via clima)	0,36a	1,67a	8,49a	7,26ab	7,48a
T2 (via solo)	0,33a	2,56a	6,26b	7,93a	8,42a
Média	0,36	2,36	6,85	6,74	7,85
Desvio Padrão	0,21	1,81	1,73	2,37	2,31
CV (%)	22,82	30,71	10,12	14,06	11,77

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferenciam pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

DAE=Dias após a emergência.

De acordo com a Tabela 02, pode-se observar que ocorreu diferença estatisticamente significativa nos períodos analisados dentro de cada safra. Na safra 2014/2015 foi o ano que

menos apresentou resultados significativos, sendo apenas aos 104 DAE, e o maior IAF foi obtido no T2 aos 89 dias com 7,39 m².m². Nas safras 2015/2016 e 2016/2017 ocorreu maiores diferenças estaticamente significativas entre os DAE e os tratamentos analisados, posteriormente o T1 apresentou o maior valor de IAF, com 7,18 m².m² aos 59 DAE na safra 2015/2016 e o T2 apresentou o maior IAF na safra 2016/2017 aos 48 DAE, com 8,49 m².m².

Resultados similares foram obtidos por Parizi (2007) que trabalhou com diferentes estratégias de irrigação na cultura do milho, e obtiveram IAF máximo de 6,99 m²/m² aos 74 DAE.

A Tabela 03 apresenta os valores médios de altura de plantas em cada tratamento após a emergência (DAE) para os três anos consecutivos.

Tabela 03: Valores médios da altura de plantas (cm) durante o ciclo da cultura do milho.

Tratamentos	DAE				
	12	40	55	89	104
Safra 2014/2015					
T0	91,33a	133,00b	251,66a	279,00a	279,00a
T1 (via clima)	97,66a	142,66ab	261,66a	282,00a	289,00a
T2 (via solo)	96,66a	164,66a	216,66b	273,33a	286,60a
Média	96,22	146,88	243,33	278,11	284,88
Desvio Padrão	9,81	22,22	33,92	67,05	40,90
CV (%)	4,07	6,04	5,56	9,62	5,73
Tratamentos	DAE				
	20	34	45	59	74
Safra 2015/2016					
T0	35,22b	80,77a	97,00a	187,22b	221,99b
T1 (via clima)	54,88a	89,55a	118,00a	218,66ab	256,11a
T2 (via solo)	41,66ab	97,88a	125,10a	231,67a	262,77a
Média	43,92	84,40	112,36	212,51	246,96
Desvio Padrão	16,42	32,84	36,02	36,40	23,09
CV (%)	14,93	14,66	12,80	6,84	3,73
Tratamentos	DAE				
	20	33	48	62	76
Safra 2016/2017					
T0	29,77a	70,53a	120,55b	187,20a	220,00a

T1 (via clima)	25,44a	68,83a	193,33a	188,66a	232,55a
T2 (via solo)	27,44a	69,49a	127,83b	209,33a	237,11a
Média	27,55	69,61	147,24	195,06	229,89
Desvio Padrão	7,35	27,96	18,18	59,00	39,01
CV (%)	10,66	16,03	4,93	12,07	6,77

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferenciam pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

DAE=Dias após a emergência.

A Tabela 03 demonstra que ocorreu algumas diferenças estáticas dentro dos anos e entre os períodos analisados. No primeiro ano a maior altura de planta encontrada foi de 289 cm no T1 aos 104 DAE, já no segundo ano de cultivo a maior altura de planta encontrada foi no T2 aos 74 DAE com 262,77cm. No último ano a maior altura de planta foi de 282,22 cm ao 92 DAE no T1.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bernardon (2005), que obteve uma altura máxima de 266,50 cm para a cultivar P 32R21 sob condições de irrigação.

A Tabela 04 apresenta os valores médios de número de folhas em cada tratamento após a emergência (DAE) para os três anos de cultivo.

Tabela 04: Valores médios do número de folhas por plantas durante o ciclo da cultura.

Tratamentos	DAE				
	12	40	55	89	104
Safra 2014/2015					
T0	6,00a	8,00a	13,66a	13,66a	9,66a
T1 (via clima)	6,00a	8,66a	13,33a	12,00ab	8,66ab
T2 (via solo)	7,00a	9,33a	9,00b	10,00b	7,33b
Média	6,33	8,66	12,00	11,88	8,55
Desvio Padrão	2,89	3,44	1,18	2,64	2,04
CV (%)	18,23	15,86	3,93	8,87	9,54
Tratamentos	DAE				
	20	34	45	59	74
Safra 2015/2016					
T0	4,33a	5,11a	7,00a	10,66b	7,22b
T1 (via clima)	4,77a	5,44a	7,66a	12,11a	8,44a

T2 (via solo)	4,77a	6,00a	8,44a	11,66ab	7,99a
Média	4,62	5,51	7,70	11,48	7,88
Desvio Padrão	1,50	1,32	1,47	1,00	1,14
CV (%)	12,94	9,61	7,65	3,49	5,78
DAE					
Tratamentos	20	33	48	62	76
Safra 2016/2017					
T0	5,77a	7,10a	10,10a	10,66a	14,11a
T1 (via clima)	5,33a	7,66a	10,00a	9,77a	12,55a
T2 (via solo)	5,44a	7,77a	9,66a	10,99a	13,11a
Média	5,51	7,51	9,92	10,48	13,25
Desvio Padrão	1,24	1,04	1,21	3,61	2,60
CV (%)	9,03	5,53	4,91	13,77	7,83

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferenciam pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

DAE=Dias após a emergência.

Pode-se observar que ocorreu algumas diferenças estatisticamente significativas nos anos 1 e 2, no terceiro ano não ocorreu diferenças estatísticas. No primeiro ano o tratamento que mais apresentou folha foi o tratamento T0 aos 55 e 89 DAE com 13,66 folhas. No segundo ano o T1 apresentou maior número de folha aos 59 dias, com 12,11 folhas. Já no último ano o maior número de folha foi de 13,11 folhas aos 76 DAE referente ao T2.

Carvalho (2008) obteve resultados semelhantes aos nossos valores médios, encontrando 7 folhas por planta aos 30 DAE, trabalhando com o cultivar de milho BR 3060 com um sistema de irrigação por aspersão convencional.

A Tabela 05 apresenta os valores relativos aos componentes de rendimento obtidos ao final do ciclo da cultura do milho durante os três anos de experimento.

Tabela 05: Valores médios de número de espigas.planta⁻¹ (NEP), número de grãos.espiga⁻¹ (NGE), peso médio do grão (PMG) e produção de grãos em sc.ha⁻¹.

Tratamento	NEP	NGE	PMG (g)	Produtividade (sc.ha ⁻¹)
Safra 2014/2015				
T0	1,00a	621,20a	0,332a	208,96b
T1 (via clima)	1,00a	679,90a	0,323a	214,13b
T2 (via solo)	1,00a	694,38a	0,315a	257,48a
Média	1,00	665,16	0,32	226,86
CV (%)	00,00	9,10	8,80	6,19
Safra 2015/2016				
T0	1,00a	472,91a	0,30a	147,15a
T1 (via clima)	1,00a	528,00a	0,31a	205,01a
T2 (via solo)	1,00a	500,19a	0,30a	177,25a
Média	1,00	500,37	0,31	190,97
CV (%)	0,00	29,32	8,65	35,83
Safra 2016/2017				
T0	1,00a	427,10a	0,28a	251,77a
T1 (via clima)	1,00a	433,43a	0,25a	286,86a
T2 (via solo)	1,00a	452,17a	0,27a	255,14a
Média	1,00	437,57	0,27	264,59
CV (%)	0,00	25,42	6,03	8,42

Na tabela pode-se observar que não ocorreram diferenças estatísticas nas variáveis que foram analisadas, com exceção do primeiro ano para a variável produção de grãos, em que o T2 se deferiu T0 e do T1, produzindo 257,48 sc.ha⁻¹. No primeiro ano o NEP não apresentou diferenças, já o NGE e a produção de grãos foram maior no T2, obtendo 694,38 grãos e 257,48 sc.ha⁻¹ respectivamente e o PMG apresentou o maior peso no T0, com 0,332g. No ano 2 o NEP também não apresentou resultados diferentes, já o NGE, PMG e a produção de grãos apresentaram melhores resultados no T1, apresentando resultados de 528 grãos, 0,3186 g e

205,011 sc.ha⁻¹ respectivamente. Já no último ano o NEP também não apresentou resultados diferenciados, porém o NGE apresentou o maior número de grãos no T2, com 452,17 grãos, já o PMG teve o maior peso no T0, com 0,281 g, e por último a produção de grãos teve o melhor resultado no T1, com 286,861 sc.ha⁻¹.

Soares (2010) trabalhando com a viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho com o cultivar BM 1120, encontrou resultados semelhantes, sendo que o NEP foi exatamente igual, já o NGE a autora obteve um valor médio de 415,80 grãos.espiga⁻¹, e no PMG o valor encontrado foi de 0,31g. Já Parizi (2007) avaliando o efeito de diferentes estratégias de irrigação na cultura do milho verificou que o maior número de grãos.espiga⁻¹ foi obtido no tratamento com suplementação de 100% da ETc (64,0 mm) com uma média de 411,52 grãos.espiga⁻¹ e o menor número foi no tratamento sem irrigação com média de 340,60 grãos.espiga⁻¹.

Soares et al., (2012) em seu trabalho com milho irrigado em pivô central no município de Jaguari/RS, encontrou uma produtividade média de 230,2 sc.ha⁻¹ de grãos, sendo que em algumas seções do pivô central os resultados foram bem semelhantes ao presente trabalho.

6. CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia utilizada para a realização deste trabalho, e nas condições em que o experimento foi conduzido pode-se concluir que:

- Os três anos de estudo, foram anos chuvosos na época de cultivo, com exceção do último ano, por esta razão os resultados com o uso da irrigação não foram expressivos, refletindo nos parâmetros avaliados;
- Apesar dos volumes de chuva terem sido elevados ocorreram períodos de necessidade hídrica, exigindo irrigações suplementares, tornando o manejo de irrigação via solo mais eficiente por utilizar volume menor de água, sendo este recomendado, em razão do menor número de irrigações.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. **Tensiômetro: Dispositivo pratico para controle da irrigação**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1999, 33 e 37p. (Embrapa. Circular Técnica, nº 1).
- BAKKER, G.; van der PLOEG, M.J.; DE ROOIJ, G.H.; HOOGENDAM, C.W.; GOOREN, H. P.A.; HUISKES, C.; KOOPAL, L.K. & KRUIDHOF, H. **New polymer tensiometers: Measuring matric pressures down to the wilting point**. *Vadose Zone J.*, 6:196-202, 2007.
- BARRETO, W. O.; PAULA, J. L.; DUARTE, M. N. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: EMPRAPA, 1997.(Manual 2ª edição).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Viçosa: UFV, imprensa Universitária, 2006.51-68p.
- _____. **Manual de Irrigação**. 8. Ed. Viçosa: UFV, imprensa Universitária, 2006. 34-44 p.
- _____. **Manual de Irrigação**. 8. Ed. Viçosa: UFV, imprensa Universitária, 2006. 29 p.
- _____. **Manual de Irrigação**. 5. Ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 596 p.
- _____. **Manual de Irrigação**. 6. Ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 657 p.
- BERNARDON, T. **Componentes de produtividade de grãos de milho (*Zea mayz L.*), visando obter parâmetros para a agricultura de precisão**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- BORGES, I. D. **Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de nitrogênio e de espaçamento entre fileiras na cultura do milho**. 2003.73p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidades Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2003.
- BRAGA JR., R. A.; ANDRADE, M. J. B. Manejo da irrigação utilizando sensor da umidade do solo alternativo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, p. 268-274, 2012.
- BRANDÃO, V.S. et al. **Infiltração da água no solo**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 120 p.
- BUCHELE, F.A.; SILVA, J.A. **Manual prático de irrigação por aspersão em sistemas convencionais**. Florianópolis : EPAGRI, 1992. 81p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 58).
- BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1993.
- CARVALHO, M. A. P. et al. **Avaliação do crescimento da parte aérea de plantas de milho (*zea mays l.*) submetidas a aplicação de uréia e aminoácidos como fontes de nitrogênio**. Disponível em: http://www.ufpel.edu.br/cic/2004/arquivos/CA_00432.rtf. acessado em: 15 dez.2016.

COELHO, S.L.; TEIXEIRA, A.S. Avaliação do tensiômetro eletrônico no monitoramento do potencial matricial de água no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.536-545-2004.

CONAB - Companhia Nacional de abastecimento. **Indicadores de produção**. Disponível em: <http://www.conab.org.br>. Acesso em: 16 de outubro de 2015.

CONAB - Companhia de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos**. Safra 2014/2015. Disponível em: www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2. Acesso em: 28 de outubro de 2015.

COSTA, S. V. **Desenvolvimento e calibração de um mini-tanque evaporimétrico**. 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2004.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M. V.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; FILHO, M. R. A. **Cultivo do Milho. Embrapa Milho e Sorgo Sistemas de Produção**, 2. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6^a edição Set./2010.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 179p. **Irrigation and Drainage**, Paper 24.

FANCELLI, A.L. Ecofisiologia de plantas de lavouras. In: CARLESSO, R. (ed.). **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Reimar Carlesso, 2001. p. 59-73.

GOMES, H.P. **Engenharia de irrigação**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades. Produção agrícola municipal – lavoura temporária – 2013**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=431800&idtema=137&search=rio-grande-do-sul|sao-borja|producao-agricola-municipal-lavoura-temporaria-2013>. Acesso em: 20 set. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE; CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC. **Previsão de Consenso**. 2015. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 05 set. 2015.

KLAR, A. E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação de água**. São Paulo: Nobel, 1991.

KLEIN, V.A. **Sistema automático de irrigação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30. 2001, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

- LIMA, J. R. de S. et al. Estimativa da evapotranspiração do feijão caupi utilizando o modelo de Penman-Monteith. **Irriga**, v. 11, n.4, p. 477 – 491, 2006.
- MARCHI, S. L. **Interação entre desfolha e população de plantas na cultura do milho na Região Oeste do Paraná**. Dissertação. Paraná, Dez. 2008.
- MEDEIROS, S.S.; REIS, C.F.; JÚNIOR, J.A.S.; KLEIN, M.R.; RIBEIRO, M.D.; SZEKUT, F.D.; SANTOS, D.B. **Manejo de irrigação utilizando o tensiômetro**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2013. (Cartilha).
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981
- PARIZI, A. R. C. **Efeito de diferentes estratégias de irrigação sob as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris l.*) e milho (*Zea mays l.*) na região de Santiago, RS**. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- PEREIRA, D.R.; YANAGI, S.N.M.; MELLO; C.R.; SILVA, A.M.; SILVA, L.A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p. 2488-2493, 2009.
- REICHARDT, **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.
- RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.; COUTO, L. **A cultura do milho irrigado**. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo. Informação Tecnológica, 2003. 317 p.
- SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do Milho**. Clima e Solo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Ed.). Sete Lagoas, MG. Dez. 2002. Comunicado Técnico.
- SENTELHAS, P. C. et al. Evaluation of the WGEN and SIMMETEO weather generators for the brazilian tropics and subtropics, using crop simulation models. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 2, p. 357-376, 2001.
- SILVA, R. F.; OLIVEIRA, E. C.; JUSTINO, F. B.; GROSSI, M. C. **Influência das mudanças climáticas na cultura do milho na área da Amazônia Legal**. XVI Congresso Brasileiro De Meteorologia. Set. Pará, 2010.
- SOARES, F. C. **Análise da viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho (*Zea mays L.*)**. 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- SOARES, F. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. C.; VIVAN, G. A. **Resposta da cultura do milho à variabilidade hídrica em solo Sob pivô central**. Revista Irriga, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 220 - 233, abril-junho, 2012.

STICKLER, F.C.; WERDEN, S.; PAULI, A.W. Leaf area determination in grain sorghum. **Agronomy Journal**, v.53, p.197-188, 1961.

VIEIRA, D.B.; GENOVEZ, A.M.; GOMES, E.M. **Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular do milho (*Zea mays* L.) irrigado**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas. Anais. Campinas: ABID, 1996. p.95-106.

VILLAGRA, M. de las M. **Variabilidade de medidas de tensiômetro em terra roxa estruturada**. 1988 64 f Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear). 1988 - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.