

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Cultura do milho submetido a diferentes manejos de irrigação em
Dourados - MS**

Jessica de Souza Bonifácio

Maiara Pusch

Dourados- MS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Cultura do milho submetido a diferentes manejos de irrigação em
Dourados - MS**

Monografia apresentada para a Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, como requisito para a obtenção do título de bacharel em engenharia agrícola.

Orientador :Prof. Dr. Alexsandro Claudio dos Santos Almeida

Jessica de Souza Bonifácio

Maiara Pusch

Dourados- MS

2014

Cultura do milho submetido a diferentes sistemas de manejo de irrigação

Monografia apresentada ao Curso de Graduação da Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD, como requisito parcial a obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrícola.

Aprovada em...../...../.....

Banca examinadora

Prof. Dr. Alexsandro Claudio Dos Santos Almeida

Orientador- UFGD

Prof. Dr. Guilherme Augusto Biscaro

Examinador- UFGD

Prof. Dr. Luciano Oliveira Geisenhoff

Examinador - UFGD

Agradecimentos – Jessica de Souza Bonifácio

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos de provação me mostrou que a minha fé não era em vão.

Ao meu namorado, amigo e companheiro Carlos Fernando Toda pelo amor, dedicação, apoio e paciência incondicional durante toda essa caminhada. Obrigada por me incentivar nos estudos e por abrir mão das suas prioridades no intuito de atender as minhas primeiro.

Agradeço aos meus pais Valdemar Bonifácio e Lúcia de Souza Bonifácio pelo apoio desde o começo da graduação até os dias atuais, sempre acreditando que eu seria capaz de alcançar meus objetivos. Obrigada pelas orações, confiança, ajuda e pelas palavras de consolo nos momentos de angústia.

Obrigada meus irmãos, Alex Uiliam de Souza Bonifácio e Antônio Cássio de Souza Bonifácio e familiares, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

Ao meu orientador professor Dr. Alexsandro Claudio dos Santos Almeida, pela oportunidade e auxílio em toda execução do trabalho, disponibilidade, paciência e ajuda ao sanar minhas dúvidas, meu muito obrigada.

A Maiara Pusch, amiga e também autora do projeto, obrigada por insistir que eu não desistisse, para que eu não fosse covarde diante das minhas fragilidades e pela honra de sua presença.

Obrigada a todos colegas e professores da graduação que ajudaram diretamente e indiretamente na concretização deste sonho !

AGRADECIMENTOS- Maiara Pusch

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro sempre presente na hora da angústia , ele que conhece meu coração , meus medos e as minhas necessidade.

Agradeço a meus pais por serem minha base em tudo, a minha mãe Vera Lucia Kraemer Pusch, pelas orações, pelo apoio em toda a caminhada e por sempre acreditar que sou capaz por seu cuidado e dedicação que me deram, em alguns momentos, a esperança para seguir., ao meu Pai Wilson Pusch por me proporcionar a oportunidade de fazer uma faculdade, por tudo que fez e faz por mim e pela certeza de que não estou sozinho nessa caminhada

Aos meus familiares por me ajudarem e me apoiarem.

Ao meu orientador, Alessandro Claudio dos Santos Almeida, por me ajudar com seus ensinamentos, paciência (principalmente), e que com sabedoria soube dirigir-me os passos e os pensamentos para o alcance de meus objetivos.

A minha amiga e autora do projeto, Jessica de Souza Bonifácio, pela amizade, companheirismo, paciência e dedicação.

A todos que de alguma forma ajudaram, em especial as minhas amigas de longa data Debora Bordin e Caroline de Lima agradeço por acreditarem no meu potencial, nas minhas idéias, nos meus devaneios, principalmente quando nem eu mais acreditava.

AGRADECIMENTOS – Maiara e Jessica

Ao nosso orientador, Alexsandro Claudio dos Santos Almeida, por nos ajudar com seus ensinamentos, paciência e por sempre nos mostrar que conseguiríamos vencer esta etapa de nossas vidas, por nos obrigar a reescrever este trabalho tantas vezes para que aprendêssemos a melhorá-lo e como nos faria feliz vê-lo cada vez mais perfeito (Em nossa opinião, pelo menos).

Aos membros da Comissão Examinadora, muito obrigada !

A todos nossos professores que contribuíram e enriqueceram nossos conhecimentos em toda nossa vida acadêmica, especialmente aqueles que sempre acreditaram e nunca duvidaram do nosso potencial, pelos conselhos e conversas que muitas vezes nos proporcionaram sorrisos em momentos de tormenta (Finais de semestre).

Aos funcionários da faculdade pela ajuda na condução do experimento. A todos os participantes da pesquisa, pela ajuda na condução prática do experimento e contribuição para o sucesso desse estudo.

A todos os nossos colegas de classe, pela paciência, pelo apoio, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas, por nos ensinarem a rir mesmo nos momentos de tristezas, vocês com certeza foram como uma família nesses cinco anos, alguns mais que os outros.

Enfim a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Nosso Muito Obrigada!

Sumário

1 Introdução.....	12
2 Revisão de literatura	14
2.1 Manejos da Irrigação.....	14
2.2 Manejos da irrigação com base nas condições atmosféricas	15
2.3 Manejos da irrigação com base no solo.....	18
2.3.1 Tensiômetro	20
3 Material e métodos.....	22
4 Resultados e discussões	28
5 Conclusões	39
Referências Bibliográficas	40

Cultura do milho submetido a diferentes sistemas de manejo de irrigação

RESUMO: A produtividade média da cultura do milho na região de Dourados é da ordem de 4800 kg/ha, sendo que, no cultivo irrigado essa produtividade pode ser até três vezes maiores. Como isso o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e adoção de diferentes manejos de irrigação na produtividade do milho. O experimento foi realizado na área experimental de irrigação da Unidade II da UFGD. A pesquisa foi conduzida em um delineamento inteiramente casualizado (em faixas) quatro tratamentos e cinco repetições, sendo um tratamento cultivado sob condições de sequeiro e os outros três irrigados com diferentes manejos de irrigação. Cada faixa recebeu um tratamento: T1 – Sequeiro; T2 – Manejo em condições hídricas do solo para tensão de 40 kPa; T3 – Manejo em condições hídricas do solo para tensão de 20 kPa e T4 – Manejo em condições atmosféricas. Nos tratamentos T2 e T3 o manejo da irrigação foi em função das leituras dos tensiômetros que monitoraram a umidade do solo. Enquanto T4 o manejo da irrigação foi realizado de acordo com o balanço hídrico do solo utilizando dados meteorológicos de duas estações meteorológicas próximas a área experimental. Para a análise dos parâmetros produtivos foi considerada uma área útil de amostragem de 10 m². A colheita e as avaliações foram feitas no 149 dia após semeadura (DAS) cujas características avaliadas foram: tensão de água (kPa), altura de plantas (AP) (cm), comprimento de espigas (CE) (cm), número de espigas em 10 m² (NE10), índice de colheita (IC) (%), massa de grãos de dez plantas (M10E) (g), massa de dez plantas (M10P) (kg), número de espigas por planta (NE), produtividade da água (PA)(kg/m³) e produtividade total (Ptotal) (kg ha⁻¹). Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste de tukey através do programa estatístico ASSISTAT. A produtividade total nos sistemas irrigados foi maior que no sequeiro, porém não houve diferença significativa pelo teste de tukey entre os diferentes manejos nos tratamentos irrigados. As produtividades foram de 3800 kg/ha⁻¹, 9644,6 kg/ha⁻¹, 8883,2 kg/ha⁻¹, 8337,8 kg/ha⁻¹ respectivamente para os tratamentos T1, T2, T3 e T4. O tratamento sequeiro sofreu um déficit hídrico de 146.68 mm durante todo o ciclo da cultura e o mais agravante foi que a maior parte desse déficit (97.74 mm) ocorreu nas fases mais críticas, do pendoamento ao enchimento de grãos. A produtividade de água obteve um maior

rendimento no tratamento 2 ($1,29 \text{ kg/m}^3$), porém não diferiu significativamente dos demais irrigados T3 e T4 ($1,13 \text{ kg/m}^3$). Os tratamentos com cultivo do milho com irrigação obtiveram maior produtividade agrícola e maior eficiência de uso da água do que o sob condições de sequeiro. No tratamento com manejo de irrigação baseado na tensão de água no solo de 40 kPa foram obtidas as maiores produtividades agrícola e de água. Como não houve diferença significativa entre os sistemas de manejo da irrigação, cabe ao produtor escolher o sistema de manejo de irrigação que melhor atender as suas condições financeiras, técnicas e operacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Zea Mays, tensão de água no solo, balanço hídrico.

Culture of maize under different irrigation management systems

ABSTRACT: the media culture of maize productivity in the region of Dourados is 4800 kg/ha, and in irrigated farming this productivity may be up to three times greater. The objective of this work was to evaluate the effect of irrigation and adoption of different irrigation management on productivity of maize. The experiment was conducted on experimental unit irrigation area II of UFGD. The survey was conducted in a completely randomized design (banded) four treatments and five replications, being a grown under rainfed and irrigated with the other three different irrigation management. Each track has received a treatment: T1 – non-irrigated land; T2 – Management in soil water conditions for a voltage of 40 kPa; T3 – Management in soil water conditions for operating voltage 20 kPa and T4- Handling in atmospheric conditions. In T2 and T3 treatments irrigation management was on the basis of the readings of the tensiometros who monitored soil moisture. While T4 irrigation management was conducted in accordance with the soil water balance using meteorological data of two meteorological stations closest to experimental area. For the analysis of productive parameters was considered a useful area of 10 m². The harvest and the evaluations were made at 149 day after sowing (DAS) whose characteristics evaluated were: water tension (kPa), plant height (AP) (cm), length of spikes (EC) (cm), number of spikes in 10 m² (NE10), harvest index (CI) (%) of grain mass of ten plants (M10E) (g), mass of ten plants (M10P) (kg), number of spikes per plant (NE), water productivity (PA) (kg/m³) and total productivity (P_{total}) (kg ha⁻¹). The results were submitted to variance analysis by tukey test through the statistical program ASSISTAT. Full productivity in irrigated systems was greater than in the non-irrigated land, however there was no significant difference by tukey test between the different managements in the irrigated treatments. The yields were of 3800 kg/ha-1, 9644.6 kg/ha-1, 8883.2 kg/ha-1, 8337.8 kg/ha-1 respectively for treatments T1, T2, T3 and T4. The dryland treatment suffered a water deficit of 146.68 mm throughout the cycle of culture and the most aggravating was that most of that deficit (97.74 mm) occurred in the most critical phases, the pendoamento to the grain filler. The productivity of water obtained a higher income in the treatment 2 (1.29 kg/m³), however did not differ significantly from other irrigated T3 and T4 (1.13 kg/m³). The treatments with corn cultivation with irrigation obtained greater agricultural productivity and greater water use

efficiency than under dryland conditions. In the treatment with irrigation management based on soil water tension of 40 kPa were obtained the largest agricultural productivity and water. As there was no significant difference between management systems of irrigation, it is incumbent upon the producer to choose the management system of irrigation which best suit their financial, technical and operational conditions.

Keywords: Zea Mays, tension of water in the soil, water balance.

1 Introdução

Os cereais são as principais fontes de carboidrato para os seres humanos e animais, sendo que as principais fontes são: milho, trigo, batata e arroz. O milho é um dos cereais mais produzidos, sendo cultivado em quase todos os países do mundo sob diversas condições de clima e manejo. A média mundial de produtividade está em torno de 5122 kg/ha, entretanto, essa produtividade varia muito dependendo das condições de seu cultivo dentre as diversas regiões produtoras (ALVES e AMARAL, 2011). Como a produtividade em muitas localidades é muito baixa devido as adversidades edafo-climáticas, faz necessário em muitas localidades a adoção de tecnologias que confirmam aumento da produtividade agrícola para gerar um desenvolvimento mais sustentável.

A cultura do milho apresenta alto potencial produtivo podendo alcançar produtividades superiores a 15000 kg/ha quando cultivado em condições ótimas. Dentre as condições edafo-climáticas que mais limitam a produtividade se destacam os nutrientes, temperatura e disponibilidade hídrica. A falta de água pode prejudicar a produção dos grãos de milho se houver um déficit hídrico em um dos três estádios (fases) de desenvolvimento da planta. As fases do ciclo vegetativo do milho mais críticas são os estádios coincidem com a iniciação floral, o desenvolvimento da inflorescência, o período de fertilização e o desenvolvimento dos grãos de pólen. BERGAMASHI (2006) observou que o déficit hídrico tem maior impacto sobre o rendimento de grãos de milho quando ocorre no florescimento. Ressaltando que em todas as fases de cultivo o déficit hídrico será prejudicial a produtividade, porém nessas fases a perda de produtividade é maior.

A principal alternativa para evitar o déficit hídrico das plantas é complementar a demanda hídrica via irrigação. Quando o produtor dispõe de sistema de irrigação ele tem maior flexibilidade para definir tanto a cultura quanto a época de cultivo de cada uma, como por exemplo, antecipar a safra principal com o plantio mais cedo. Ou mesmo, cultivar em uma época fora do calendário de cultivo da região, permitindo obter melhores preços. Diversas pesquisas no Brasil tem mostrado incremento da produtividade do milho. Enquanto a media de produtividade no cultivo de sequeiro é de 3800 kg/ha (EMBRAPA, 2010), no cultivo irrigado Bergamashi (2004) obteve produtividade cerca de 10000,00 kg ha⁻¹.

O cultivo de grãos na região da grande Dourados é caracterizado pelo cultivo em sequeiro. Sendo que, a produtividade média da região é da ordem de 4800 kg/ha (FAMASUL,). Entretanto, algumas propriedades rurais têm investido em sistemas de irrigação. Dentre as culturas mais plantadas na região (soja e milho), o milho é cultura que geralmente apresenta maior potencial de resposta produtiva a tecnologia de irrigação. Com isso alguns agricultores têm investido na produção de milho durante a safra com o auxílio da irrigação. O sistemas de irrigação utilizados geralmente são equipamentos de boa performance hidráulica, predominante pivô centrais. Entretanto, o manejo da irrigação na maioria das propriedades é realizado com pouco critério técnico.

Como para a obtenção de boas produtividades no cultivo irrigado é essencial realizar um bom manejo da irrigação. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da irrigação e adoção de diferentes manejos de irrigação na produtividade do milho.

2 Revisão de literatura

2.1 Manejos da Irrigação

O manejo da irrigação é saber quanto de água devemos aplicar e quando, a fim de potencializar e evitar perdas na produção. O manejo da irrigação deve ser adequado aos sistemas de irrigação de forma a se obter elevadas eficiências. Não adianta ter um sistema de irrigação de alta eficiência se o manejo da irrigação é deficiente (COELHO et al., 2005). O uso adequado da irrigação deve considerar, sobretudo, o momento em que a planta mais necessita de água a fim de se obter maior eficiência. De modo a atender a necessidade hídrica da cultura em todas as fases do ciclo vegetativo, principalmente nos períodos mais críticos (BERGAMASHI, 2004).

O manejo da irrigação é uma técnica que nos permite obter um melhor sucesso na produção irrigada, e com a determinação adequada da real necessidade hídrica da planta, é possível racionalizar tanto energia elétrica como o uso da água. O manejo adequado da irrigação tem influência nos custos da energia elétrica e engloba também a boa conservação do solo e da água (PAVANI et. al., 2009). A irrigação sem o manejo adequado não trará benefícios para o agricultor, pois o mesmo busca através da irrigação melhorar na produção, redução de gastos e conservação da área. Se a lâmina d'água não for aplicada no momento e na quantidade certa, a cultura irá sofrer um déficit hídrico ou receberá um excesso de água que influenciarão diretamente em sua produção.

(FARIA et. al. 2000) afirmaram que para otimizar a água em um projeto de irrigação é fundamental saber sobre a demanda de água da cultura, quantidade de água que um determinado solo é capaz de reter, condições pluviais e as perdas operacionais de um determinado local. Todos esses componentes associados, juntos formam um método de manejo que auxilia no melhor aproveitamento da água, redução de gastos e perdas gerais. O manejo ou monitoramento da irrigação pode ser realizado via planta, solo, clima, ou pela associação destes (PIRES et al., 1999).

2.2 Manejos da irrigação com base nas condições atmosféricas

O manejo com base nas condições atmosféricas depende da cultura a ser irrigada e das condições atmosféricas reinantes do ambiente de cultivo. A lâmina de aplicação é determinada através da evapotranspiração da planta. Essa evapotranspiração (ET) corresponde na passagem de vapor d'água do sistema solo-planta para a atmosfera. Sabendo que a palavra evapotranspiração é constituída por evaporação (E) que é um sistema puramente físico e, constituída também por transpiração (T) que por sua vez depende dos fatores físicos e ainda é limitado por outros biológicos, podemos determinar os fatores que influenciam a ET, sendo eles: radiação solar, temperatura, umidade relativa e vento.

Existem diferentes tipos de evapotranspiração, a evapotranspiração de cultura (ETc) é a evapotranspiração de uma cultura em dada fase de seu desenvolvimento, desenvolvimento, sem restrição hídrica, em condições ótimas de crescimento e com ampla área de bordadura para evitar a advecção de calor sensível (H) de áreas adjacentes. Assim ETc depende das condições meteorológicas, expressas por meio da ETO, do tipo de cultura (maior ou menor resistência à seca) e da área foliar. Como a área foliar da cultura padrão é constante e a da cultura real varia, o valor de Kc também irá variar, e a evapotranspiração de referência (ETO) é o mesmo processo descrito para ETc, no entretanto, neste caso, a cultura é específica, dita de referência, que anteriormente considerava-se a grama ou a alfafa, em pleno desenvolvimento vegetativo, cobrindo completamente a superfície do solo e bem suprida de água. Atualmente, ETO tem uma nova definição: é uma cultura hipotética, semelhante a grama, cujo modelo físico-matemático que a expressa é o de penman-montheith, com parâmetros estabelecidos pela FAO (ALLEN et al, 1998) que será melhor descrita logo abaixo. E o KC é a razão entre a ETC e a ETO que varia de acordo com o estagio vegetativo da cultura. Sendo que, para manejo de irrigação no cálculo do balanço hídrico é utilizado a ETc. Para as condições de manejo da irrigação a ETc é calculada multiplicando-se a ETO pelo Kc. Sendo que a ETO, pode ser obtida de sites especializados, estação meteorológica local, etc.

O Kc é o coeficiente de cultivo específico para cada cultura e é determinado pela seguinte equação:

$$Kc = \frac{Etc}{ET0} \quad (eq. 01)$$

Onde;

Etc é a evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹)

Et0 é a evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)

Os coeficientes de cultura utilizados foram os seguintes:

Tabela 1 Coeficientes de cultura do milho

FASE	KC
I	0,5
II	0,65
III	0,74
IV	0,83
V	0,92
VI	1,01
VII	1,1

A variação do Kc acontece conforme a cultura muda de fase (fase inicial, fase de desenvolvimento e fase final). Na fase inicial a planta é muito pequena, seu sistema foliar não está desenvolvido e o sistema radicular está começando a se desenvolver, por isso sempre o primeiro valor referente às fases da cultura é o menor. A fase mais crítica é a fase de desenvolvimento e caracteriza-se por ser a maior. Quando a planta começa a crescer, desenvolver o sistema foliar, radicular, buscando os nutrientes necessários para seu desenvolvimento. A fase final é caracterizada como a maturação fisiológica da cultura. Nessa fase já ocorreu todo desenvolvimento dos frutos e a planta tende a diminuir a absorção de água.

A evapotranspiração de referência (ET0) é um termo que depende de região para região, ou seja, depende das condições climáticas do local cuja função é indicar sua condição hídrica. De acordo com a FAO (1997), a ET0 representa a evapotranspiração de uma cultura hipotética, de porte baixo (12 cm), com refletividade (albedo) de 0,3, uma resistência aerodinâmica de 70 s/m. Que pode ser

determinada por vários métodos, sendo o método padrão a equação de Penman – Monteith, o tanque classe A e as estações meteorológicas. Para as condições brasileiras essa cultura é a grama batatais.

A equação de Penman–Monteith é um melhoramento da primeira ideia lançada por Bowen em 1926. Que expressava a relação entre os fluxos de calor sensível (termo aerodinâmico) e calor latente (termo energético) mas era uma ideia limitada. Penman em 1948 combinou os métodos energético (considera que o saldo de radiação R_n é usado no processo evaporativo da água) e aerodinâmico (considera as condições atmosféricas do ar) usando um coeficiente de ponderação “ W ”, melhorando a ideia de Bowen, temos:

$$ET_0 = W E_n + (1 - W) E_a \quad (eq. 02)$$

Em 1977 a equação de Penman passa por uma transformação feita por Monteith onde o mesmo propôs uma estimativa direta da ET_c . Mas foi só em 1990 que a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) introduziu o novo conceito para ET_0 , tornando-se a equação mais utilizada e conhecida internacionalmente.

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 \Delta e}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (eq. 03)$$

Onde;

ET_0 : evapotranspiração de referência, (mmd^{-1});

R_n : radiação líquida, ($\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$);

T : temperatura média do ar diária medida a 2 m de altura, ($^{\circ}\text{C}$);

u_2 : velocidade do vento medido a 2 m de altura, (ms^{-1});

Δ : declividade da curva de pressão de vapor, ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$);

Δe : déficit da pressão de saturação de vapor, (kPa);

γ : constante psicrométrica, ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Essa equação é a mais completa fisicamente exata na determinação de evapotranspiração de referência. Porém necessita de muitos dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar) dados estes que não estão disponíveis em qualquer propriedade, por mais completa que seja isso acaba limitando seu uso.

Para o cálculo do tempo de irrigação utiliza-se a lâmina líquida (LL), que é obtida através da multiplicação da $ET_c \cdot ETO$, que dividido este resultado pela eficiência do sistema (ES), me resulta na lâmina bruta (LB) a ser aplicada, pois deve ser considerado perdas já que nenhum sistema é 100% eficiente. Assim dividindo a LB pela intensidade de aplicação (IA) do emissor me resulta no tempo a ser acionado a irrigação para que as plantas recebam a quantidade de água necessária.

2.3 Manejos da irrigação com base no solo

No manejo com base no solo, como base para determinar a irrigação é utilizado um valor de tensão pré-estabelecido da tensão da água no solo, sendo assim quanto mais seco o solo maior será a tensão com que a água é retirada. Para leitura da tensão no solo é utilizada sensores de solo que são instalados de acordo com a profundidade da raiz da cultura, sendo recomendado instalar um a uma profundidade maior que o sistema radicular da cultura para saber se há perdas por drenagem (PIRES et. al., 1999). O tensiômetro tem sido um dos sensores mais utilizados em varias culturas e locais com obtenção de bons resultados no manejo das irrigações e é um equipamento simples e econômico. A irrigação é determinada quando a tensão no solo estiver acima da tensão pré-estabelecida.

O investimento em tecnologias voltadas para a agricultura tem aumentado cada vez mais a disponibilidade de sensores de solo para medição da umidade/tensão. A utilização desses sensores tem sido indispensável para o manejo do solo irrigado. A escolha do sensor depende do tamanho da área, qual tipo de irrigação será implantada e o mais importante, quanto será investido na implantação do sistema. O sensor HidroFarm lançado no mercado pela Falker utiliza princípios eletromagnéticos para fazer a medição da umidade volumétrica. Todo o sistema de detecção está no sensor, que possui uma lâmina de medição de 20 cm de

comprimento. Esta lâmina é cravada no solo para a realização da medição. O sensor informa aos usuários o valor da umidade volumétrica do solo em %, ou seja, o volume de água contido em um determinado volume de amostra de solo. É a mesma umidade que se obtém na avaliação com amostras indeformadas, retiradas com anéis de volume conhecidos (site Falker, 2014). O alcance na determinação da umidade volumétrica é de um raio de 15 cm de distância do sensor e ao longo dos seus 20 cm de comprimento. Tanta tecnologia possui investimentos altos.

O sensor WaterMark mede o potencial hídrico do solo, ou seja, a energia livre associada as moléculas de água, por isso necessita de um prévio umedecimento do sensor antes de serem realizadas as primeiras medições. A água irá se deslocar de regiões com maior potencial hídrico (maior energia livre) para locais com menor potencial hídrico (menor energia livre). Para monitoramento da umidade do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade é necessário dois sensores WaterMark, sendo que um sensor HidroFarm é suficiente para essa leitura.

Os sensores tipo TDR (Refletometria no Domínio do Tempo) buscam medir o tempo de percurso de um pulso eletromagnético ao longo de um caminho de comprimento conhecido. As vantagens desse sensor são que: não utilizam fonte nuclear (Teixeira et. al., 2005), é uma técnica não destrutiva, pode se fazer medidas tanto na horizontal, quanto na vertical, permite o monitoramento contínuo e simultâneo em vários locais. Como desvantagem apresenta necessidade de calibração, sofre influência do meio (salinidade, óxidos de ferro, tipo e temperatura do solo) e o mais influente, o custo.

Para o devido trabalho foi escolhido a tensiometria pelo fato deste método ser o mais utilizado por muitos produtores, além do fácil manuseio e manutenção, e por ser um sistema de menor custo (Lopes 2004). Conduzindo adequadamente a tensiometria, teremos um melhor entendimento das reais condições hídricas do solo na região do sistema radicular da cultura.

2.3.1 Tensiômetro

O tensiômetro consiste em uma cápsula porosa de cerâmica ou porcelana, conectada a um tubo de plástico ou outro material, tendo todas as partes preenchidas com água, o funcionamento é bem simples, após estar completamente cheio de água e em um solo saturado nenhuma água passará pela cápsula e não haverá vácuo. Antes de se proceder a instalação dos tensiômetro no campo, deve-se verificar a integridade do mesmo em relação a possíveis vazamentos. Deve-se preparar um buraco com um trado ou pedaço de cano de ferro, o mesmo deve ser realizado com o solo úmido e que tenha o mesmo diâmetro do tubo do tensiômetro, deve evitar buracos maiores que a profundidade estabelecida, para impedir o acúmulo de ar e água nas imediações da capsula (AZEVEDO E SILVA , 1999)

A medida que o solo seca, a água vai saindo do tensiômetro através da cápsula porosa, criando um vácuo no interior do tensiômetro. Após uma chuva ou irrigação o teor de água do solo é reduzido e a água do solo passa para dentro do tubo através da cápsula porosa, mostrando leituras mais baixas de tensão (AZEVEDO et.al.,1983),ou seja, quanto maior a tensão de água nos solo mais seco ele está. O uso correto dos tensiômetro pelos agricultores tem obtido resultados satisfatórios de produtividade de culturas, estima-se que a utilização eficiente de tensiômetro pode determinar uma redução de 25% a40%, nas lâminas de água aplicadas nas irrigações, comparativamente ao manejo sem critério (AZEVEDO et.al.,1983).

Sua principal limitação é necessitar de frequentes manutenções, visto que acontece um acúmulo de ar na cavidade da cápsula porosa, o que ocorre com velocidade crescente, sempre que a tensão da água no solo supera 30 kPa.

O tensiômetro a vacuômetro tem o seu emprego mais recomendado para o controle de irrigações no campo, em virtude da sua simplicidade e facilidade de operação, comparado com o tensiômetro de mercúrio. No entanto, o de mercúrio possui uma maior precisão nas leituras, porém sendo o de mercúrio mais utilizado em trabalhos de pesquisa. (AZEVEDO E SILVA, 1999). Segundo (LOPES et al, 2004) o sistema de tensiometria oferece, se adequadamente conduzido, um melhor

entendimento das reais condições hídricas do solo na região do sistema radicular da cultura.

As leituras podem ser obtidas pelo tensiômetro, ou podem ter um sistema de leitura automatizado. Sendo que as leituras obtidas devem ser transformadas para valores de lâminas de água, por isso a importância de se fazer a curva de retenção. A curva de retenção é um modelo matemático que relaciona o teor ou o conteúdo de água no solo com a força (tensão) com que ela está retida pelo mesmo. A avaliação da curva de retenção permite uma estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas, na profundidade de solo considerada (MEDEIROS ,et al 2013)

A partir da verificação da tensão real da água no solo, mensurada com auxílio do tensiômetro e da curva característica, é possível calcular a lâmina através da seguinte fórmula:

$$DRA = (\theta_{cc} - \theta_c) \times Z \text{ (eq. 04)}$$

Onde

DRA= disponibilidade real de água (mm)

Z = Profundidade efetiva da raiz (mm)

θ_{cc} = umidade na capacidade de campo (cm^3/cm^3)

θ_c = Umidade crítica da cultura ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$);

A faixa de operação dos tensiômetro varia de 0 a 80 kPa, quando passa de 80 kPa indica que o solo está sofrendo um grande déficit hídrico, o que pode causar danos aos tensiômetro vindo algumas vezes a quebrar a capsula porosa e romper coma coluna de água.

Dependendo de condições de clima, do tipo da cultura explorada e do manejo da irrigação, estima-se que a utilização eficiente de tensiômetro pode determinar reduções de 25% a 40% nas lâminas de água aplicadas nas irrigações, comparativamente ao manejo sem critério, coma a consequente economia nos dispêndios de energia. (AZEVEDO E SILVA, 1999).

3 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido entre o período de outubro de 2013 e março de 2014 na área experimental de irrigação da Universidade Federal da Grande Dourados, unidade II. O clima da região de Dourados é caracterizado por verões quentes e invernos secos e é classificado por Köppen como Cwa (mesotérmico úmido com verão chuvoso). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006).

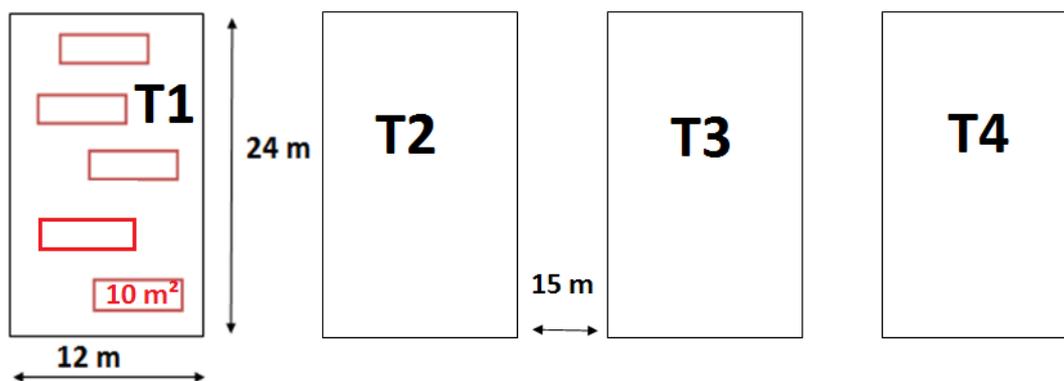


Figura 1. Croqui do experimento com milho safra 2013/2014.

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (em faixas) quatro tratamentos e cinco repetições. Sendo um tratamento cultivado sob condições de sequeiro e os outros três irrigados com diferentes manejos de irrigação. Cada faixa recebeu um tratamento: T1 – Sequeiro; T2 – Manejo em condições hídricas do solo para tensão de 40 kPa; T3 – Manejo em condições hídricas do solo para tensão de 20 kPa e T4 – Manejo em condições atmosféricas. A área de cada faixa foi de 288 m² (12 x 24m) e a área útil de amostragem de 10 m².

Antes da semeadura o solo foi preparado com gradagens com a finalidade de destorroar o solo e deixar a superfície nivelada. A semeadura foi realizada com uma semeadora-adubadora pneumática a uma profundidade média de 05 cm, com espaçamento entre filas de 0,90 m, espaçamento entre plantas de 0,20 m e com uma média de 6 sementes por metro linear (stand de 55000 plantas por hectare). Foram realizadas duas adubações, sendo a primeira no momento do plantio onde aplicou-se 300 kg/ha do adubo 08-20-20 NPK e a segunda, uma adubação de cobertura

aplicando 200 kg de uréia/ha. Foram realizadas as recomendações agronômicas para a aplicação de herbicida e inseticidas, para herbicida foi utilizado gesaprim 500 CIBA GEISY , Atrazina com 3L/ha^{-1} , e inseticida Nicosulfuran da Nortox $4056\ 0.7\ \text{L/ha}^{-1}$.

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento com fitas gotejadoras. Foi instalada uma fita gotejadora para cada linha de planta a uma distância média de 05 cm da fileira. As fitas gotejadoras utilizadas da marca Petroisa, possuíam uma vazão de $1,46\ \text{L h}^{-1}$ com espaçamento de 20 cm, fornecendo uma lâmina de $16\ \text{mm h}^{-1}$. Foram utilizadas válvulas solenóides para controle da irrigação em cada tratamento. A pressão nas linhas de irrigação foi controlada por uma válvula de gaveta com um manômetro. Para monitoramento da tensão no solo, instalou – se três bateria de tensiômetros aleatoriamente em cada faixa. Sendo que em cada bateria, um tensiômetro foi instalado a uma profundidade de 15 cm e o outro a uma de profundidade de 30 cm.

A partir do 9^o DAS (dia após semeadura), o tratamento com manejo de irrigação via clima lâminas de acordo com a evapotranspiração da cultura, porém só foram iniciadas as leituras dos tensiômetros nos tratamentos 2 e 3 no 34^o DAS época em que o sistema radicular do milho estava bem desenvolvido. Assim durante o 1 DAS até o 33 DAS foi aplicado uma lâmina de 16mm.

A realização das leituras dos tensiômetros foi feita três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira) no período da manhã as 9 horas. Produtores rurais da região de Dourados que cultivam milho irrigado utilizando tensiômetros fazem essas leituras três vezes por semana. Buscando avaliar essa realidade, adotou – se a mesma condição. A leitura dos tensiômetros com profundidade de 15 cm era para determinar o momento da irrigação através do manejo adotado para cada tratamento. Já a finalidade dos tensiômetros instalados a 30 cm indica se a lamina estava atingindo maiores profundidades no solo. A curva de retenção do solo da área experimental é apresentada na figura abaixo (Figura 3).

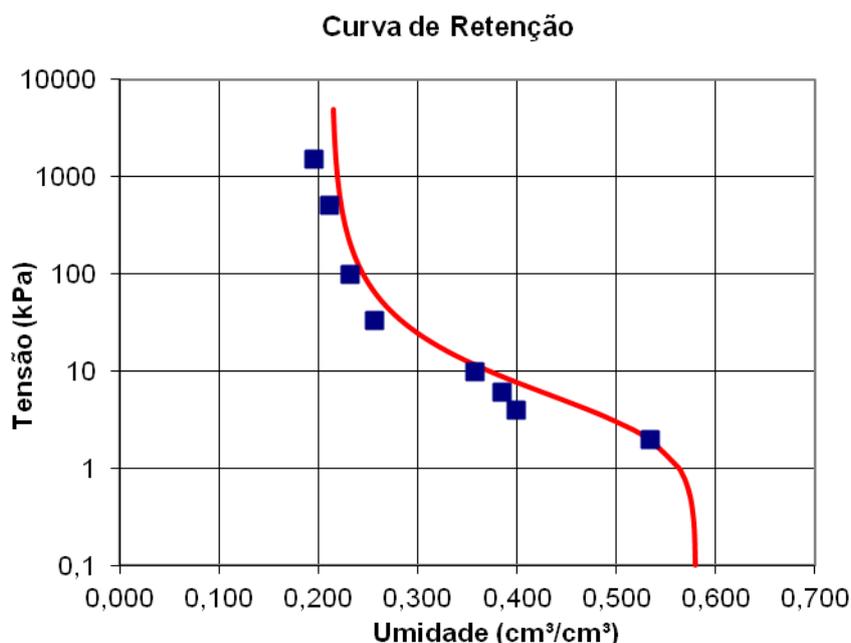


Figura3. Curva de Retenção. Fonte: OLIVEIRA , F. C. de . 2014

A irrigação no tratamento 2 era acionada quando duas das três leituras de tensão apresentava valores maior ou igual a 40 kPa, sendo aplicado uma lâmina de 29,25 mm h⁻¹. No tratamento com a tensão de 20 kPa lâmina aplicada foi de 17,61 mm h⁻¹ quando duas das três leituras atingissem valores de tensão iguais ou maiores que 20 kPa.

Para determinar a irrigação no tratamento com manejo baseado em condições atmosféricas foi realizado o balanço hídrico do solo. Os dados climáticos foram obtidos de duas estações meteorológicas próximas a área experimental. No site da Embrapa-CPAO (<http://www.cpaio.embrapa.br/clima/>) foram obtidos os dados de ET₀ e do site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, <http://www.inmet.gov.br/portal/>) localizado no Comando da 4^a Brigada Cavalaria Mecanizada) foram obtidos os dados de chuva. Para o cálculo do balanço hídrico foi desenvolvida uma planilha no Excel utilizando a metodologia do Thornthwaite-Mather (1955).

Para a determinação do excesso e déficit hídrico foi realizado o balanço hídrico em planilha desenvolvida no Microsoft Excel. Na primeira coluna determinamos a evapotranspiração da cultura (ETC), colocando os dados de ET₀ do

site da Embrapa e utilizando os dados do kc da cultura (fonte: EMBRAPA) através da seguinte fórmula:

$$ETC = Kc \times ET0 \quad (eq. 05)$$

Em que;

ETC = evapotranspiração da cultura

Kc = coeficiente da cultura

ET0 = evapotranspiração de referência

Os dados de chuva obtidos do site do INMET foram anotados em outra coluna. Em seguida para determinar a diferença entre precipitação e evapotranspiração da cultura, utilizou – se a seguinte fórmula:

$$P - ETC \quad (eq. 06)$$

Em Que;

P = precipitação

ETC = evapotranspiração da cultura

Através dessa diferença de precipitação e evapotranspiração da cultura encontrava – se valores positivos e negativos para o cálculo do NAc e do ARM.

Se $(P - ETC) < 0$ calculava-se o NAc e posteriormente, calculava o ARM através da seguinte fórmula:

$$ARM = CAD * e^{-(NAc \div CAD)} \quad (eq. 07)$$

Onde:

ARM = Armazenamento de agua no solo

CAD = Capacidade de agua disponível

NAc = Negativo acumulado

Se $(P - ETC) > 0$ calculava-se primeiro o ARM através da fórmula abaixo:

$$\mathbf{ARM = ARM anterior + (P - ETC) \text{ (eq. 08)}}$$

Onde:

P = Precipitação (mm)

ETC = Evapotranspiração de cultura

E posteriormente calculava-se o NAc através da fórmula abaixo:

$$\mathbf{NAc = CAD * Ln(ARM \div CAD) \text{ (eq. 09)}}$$

Após isso, era calculada a alteração (ALT) que determina o quanto de água foi repostou ou retirado usando a seguinte fórmula abaixo:

$$\mathbf{ALT = ARM - ARM anterior \text{ (eq. 10)}}$$

Caso a $ALT > 0$ a alteração era de reposição e se $ALT < 0$ a condição era de retirada de água no solo.

A determinação da ETR (Evapotranspiração Real) era determinada pela condição:

$$\text{Se } (P - ETC) < 0 \text{ ETR} = P + |ALT|$$

$$\text{Se } (P - ETC) > 0 \text{ ETR} = ETC$$

A determinação da DEF (Deficiência hídrica) foi feita pela fórmula:

$$\mathbf{DEF = ETP - ETR \text{ (eq. 11)}}$$

O excesso de água (EXC) era determinado pela condição:

$$\text{Se } ARM < CAD \text{ o } EXC = 0$$

$$\text{Se } ARM = CAD \text{ o } EXC = (P - ETC) - ALT$$

Os parâmetros avaliados foram; tensão de água (kPa), altura de plantas (AP) (cm), comprimento de espigas (CE) (cm), número de espigas em 10 m²(NE10), índice de colheita (IC) (%), massa de grãos de dez plantas (M10E) (g), massa de dez plantas (M10P) (kg), número de espigas por planta (NE), produtividade da água (PA)(kg/m³) e produtividade total (Ptotal) (kg ha⁻¹). Para as avaliações dos

parâmetros produtivos foram determinadas: massa de dez plantas (g), altura de plantas (cm), comprimento das espigas (cm), massa de grãos de dez plantas, número de espigas por planta e a produtividade total foi obtida através de uma amostragem de 10m².

A produtividade da água foi calculada em função da produtividade total e da lâmina de água aplicada durante o experimento pela seguinte fórmula:

$$PA = \frac{P_{total}}{Lâmina\ de\ água} \quad (eq. 12)$$

Os resultados foram avaliados estatisticamente pelo programa ASSISTAT (Assistência Estatística) desenvolvido pelo Prof. Dr. Francisco de Assis do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) (<http://www.assistat.com/>), o teste realizado foi o de tukey a 5% de probabilidade.

4 Resultados e discussões

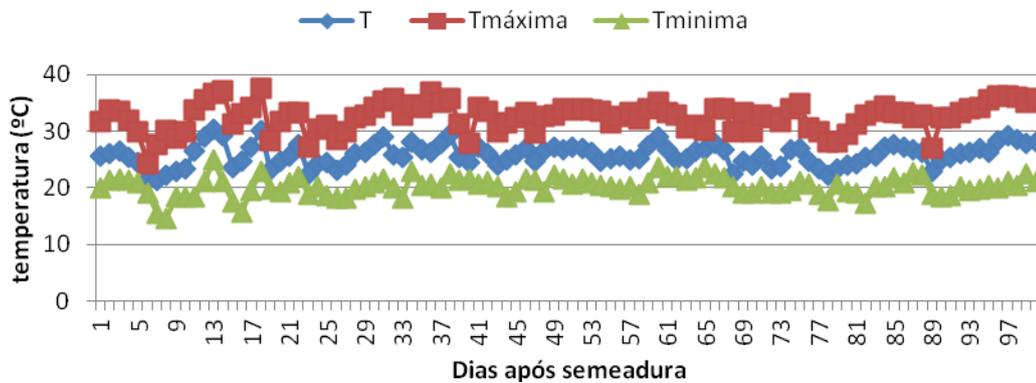


Figura3. Temperatura do ar no período do experimento do milho safra do ano de 2013/2014.

Durante o experimento foi observado uma temperatura média de 25,83 °C, com média das máximas de 32,54 °C, e média das mínimas de 20,24 °C (figura 3). A temperatura é um dos fatores que influenciam na evapotranspiração. Temperaturas altas contribuem para a perda de água para a atmosfera. Essas altas temperaturas são ideais para o cultivo do milho, desde que suas necessidades hídricas sejam atendidas utilizando a irrigação para suprir os períodos de déficit hídrico (JUNIOR M. C. P., 1999).

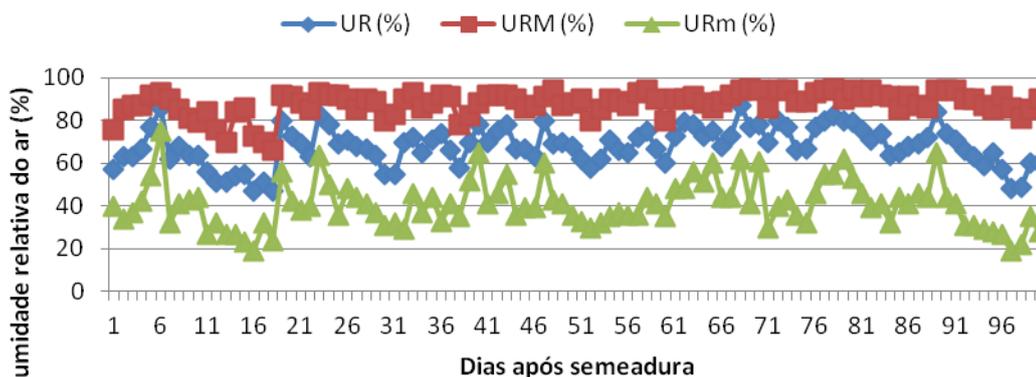


Figura 4. Umidade relativa durante o experimento do milho safra 2013/2014

A umidade relativa média observada foi de 68.01%, com média das mínimas de 40.89% e média das máximas de 87.9% (figura 4).

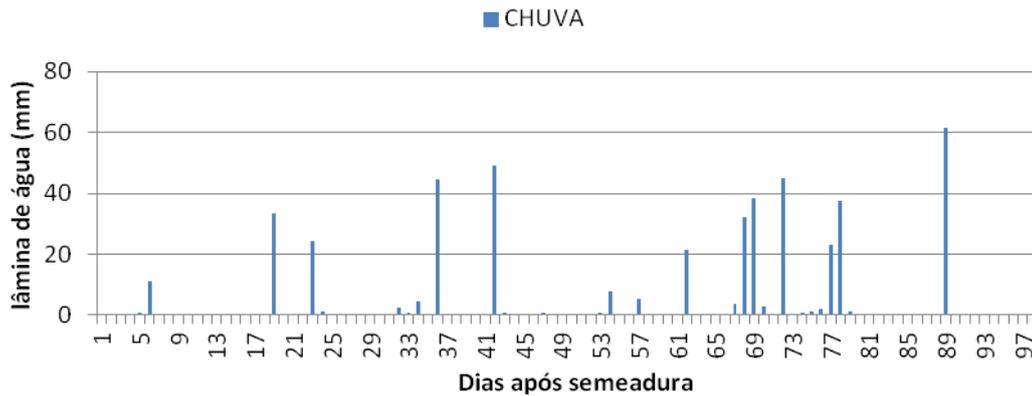


Figura 5. Dados de chuva durante o experimento do milho safra 2013/2014

A pluviosidade durante todo o ciclo da cultura foi de 459.2mm (Figura 5), valores entre 500 e 800 são considerados suficiente para obtenção de boas produtividades (LANDAU et. al., EMBRAPA 2009). A pluviosidade durante o ciclo da cultura foi mal distribuída, apresentando intervalos de dias longos sem chover, principalmente nas fases iniciais e da floração.

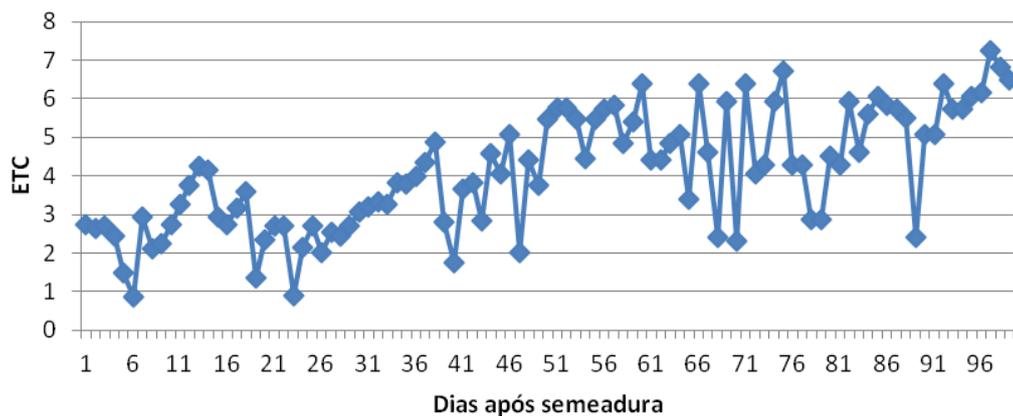


Figura 6. Valores de evapotranspiração da cultura (ETC) durante o experimento.

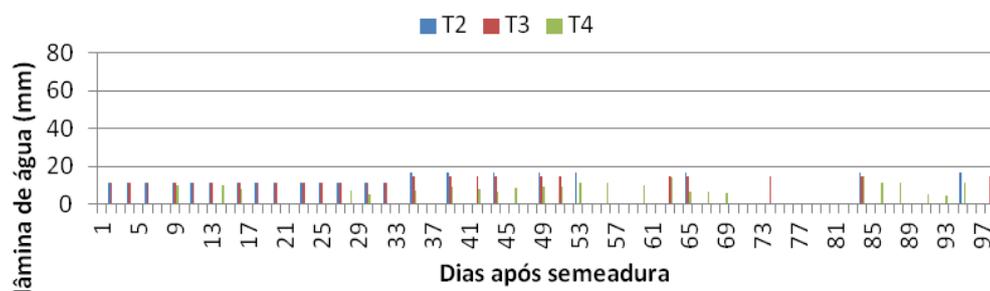


Figura 7. As lâminas de água aplicadas durante o experimento do milho safra 2013/2014.

F

As lâminas aplicadas nos tratamentos T2, T3 e T4 estão ilustradas na figura 7, sendo no tratamento T2, aplicado uma lâmina total de 288,2 mm, no tratamento T3 uma lâmina total de 320,18mm, e no tratamento T4 uma lâmina total de 277,29 mm.

Através dos gráficos de tensão nos tratamentos T1, T2, T3 e T4 com tensiômetro instalado a 15 cm como mostra as figuras 8, 9, 10 e 11 respectivamente, podemos observar a variação da tensão durante o experimento para cada tratamento.

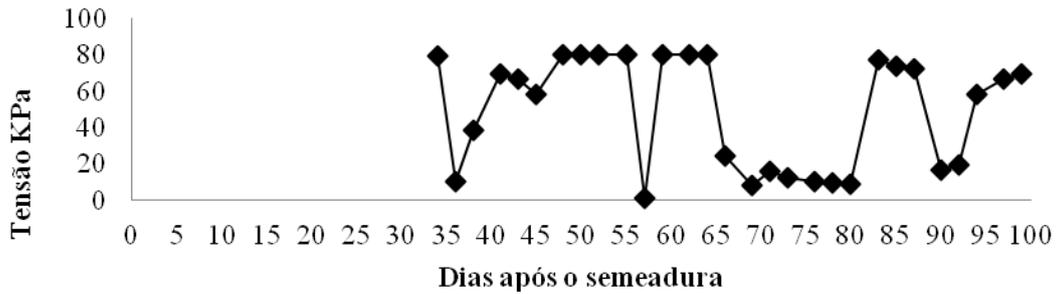


Figura 8. Tensões tratamento 1 a 15cm de profundidade.

O limite da leitura do tensiômetro compreende em 80 kPa indicando solo seco e, 0 kPa indicando solo úmido.No tratamento 1 a maior quantidade de pontos se concentrou na linha da tensão de 80 kPa, mostrando que o solo esteve muito seco durante boa parte do experimento. O único período que a tensão atingiu valores próximos de 0 kPa (solo úmido) foi durante a maior precipitação (142 mm) que vai do 65° dia até 80 ° dia.

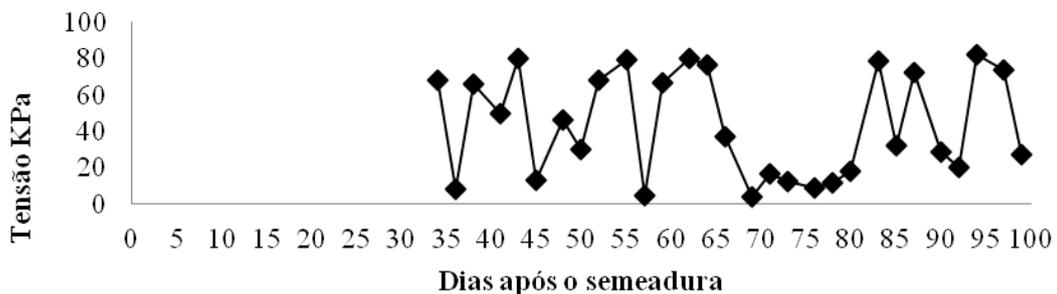


Figura 9. Tensões tratamento 2 a 15 cm de profundidade.

A variação dos pontos do tratamento 2 encontram – se na maior parte acima da tensão fixa de 40 kPa estabelecida pelo manejo. A temperatura pode ter influenciado nas altas tensões apresentadas no gráfico. Como as leituras dos

tensiômetros eram realizadas três vezes por semana (segunda, quarta e sexta – feira) no período da manhã , 09:00 horas, a tensão do solo pode ter atingido a tensão fixa durante os intervalos de leituras. Isso mostra que quando se fixa uma tensão que irá determinar a irrigação, a leitura dos tensiômetros deve ser feita todos os dias para melhor monitoramento. Quando os sistemas de irrigação são automatizados, as leituras dos sensores ocorrem com alta frequência (por exemplo a cada 10 minutos) a faixa de tensão de água no solo não extrapola os valores estabelecidos.

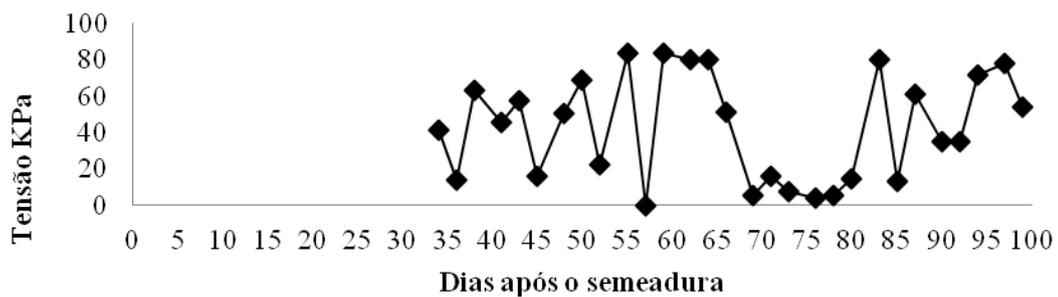


Figura 10. Tensões tratamento 3 a 15cm de profundidade.

Se traçarmos uma linha na tensão de 20 kPa que era a tensão em o sistema de irrigação deveria ser acionado, observamos que a maior parte dos pontos que se encontram próximos do 0 kPa estão concentrados no maior período de precipitação do experimento. Nesse tratamento também houve vários pontos acima da tensão fixa. Indicando mais uma vez que a tensão do solo atingiu a tensão fixa durante o intervalo de tempo entre as leituras.

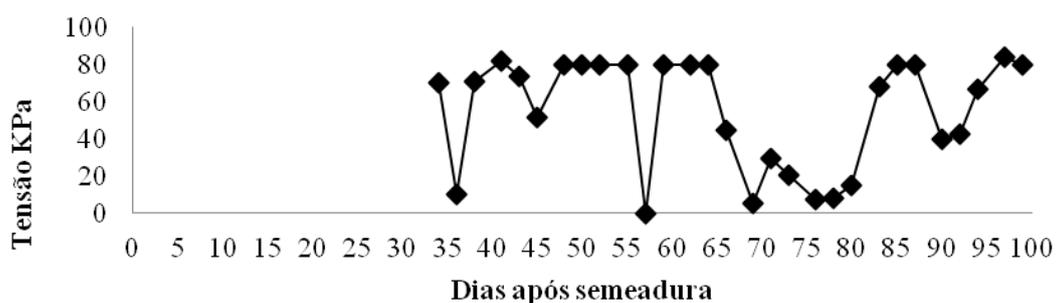


Figura 11. Tensões tratamento 4 a 15cm de profundidade.

No tratamento em que o manejo da irrigação foi baseado nas condições atmosféricas a leitura dos tensiômetros não era o fator determinante para a irrigação, para tal manejo foi adotado o balanço hídrico. Mesmo assim foi realizado o monitoramento da tensão no solo que indicou uma situação igual a dos outros tratamentos, vários pontos perto da tensão de 80 kPa.

Em seguida temos os gráficos dos tratamentos T1, T2, T3 e T4 com tensiômetro instalado a 30 cm nas figuras 12, 13, 14 e 15 respectivamente.

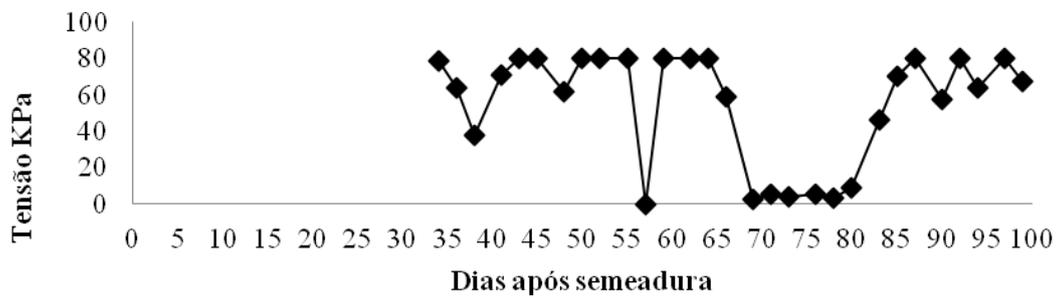


Figura 12. Tensões tratamento 1 a 30 cm de profundidade.

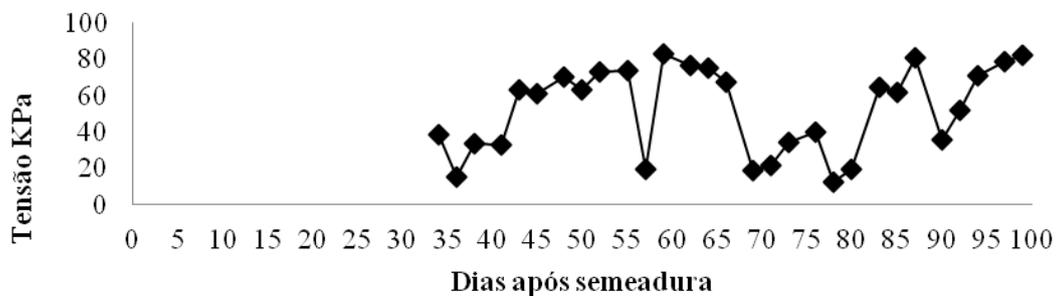


Figura 13. Tensões tratamento 2 a 30 cm de profundidade.

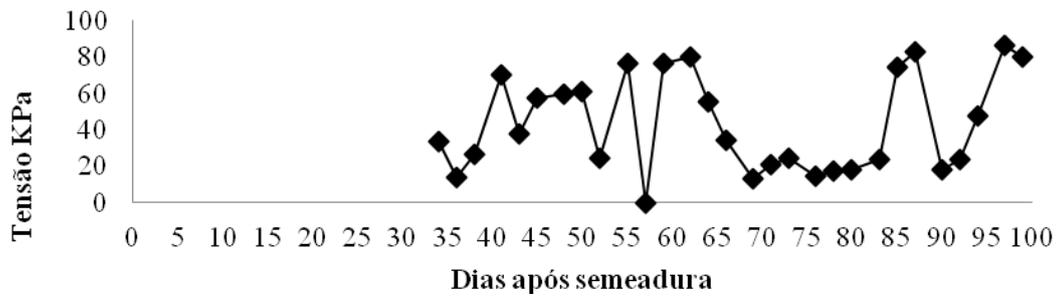


Figura 14. Tensões tratamento 3 a 30 cm de profundidade.

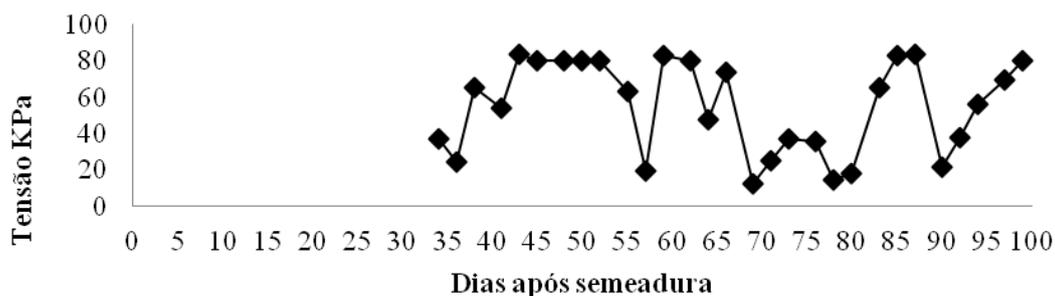


Figura 15. Tensões tratamento 4 a 30 cm de profundidade.

Os tensiômetros instalados a 30 cm possuíam o objetivo de informar a velocidade de drenagem da lâmina d'água aplicada até que profundidade essa água estava atingindo. Foram observadas em vários dias que a tensão da água no solo chegou a valores próximos de 80 kPa. Essa lâmina pode ter sido drenada muito rápido graças ao intervalo de tempo entre as leituras dos tensiômetros. Os valores máximos observados de tensão foram de 80 kPa. Entretanto esses valores podem ter sido maiores, uma vez que, a faixa operacional do tensiometro vai até 80 kpa (AZEVEDO e SILVA, 1999).

Tabela 1. Altura de Plantas(AP), Comprimento de Espigas (CE), Número de espigas em 10m² (NE10), Índice de Colheita (IC), Massa de grãos de 10 plantas (M10E), Massa de 10 Plantas (P10P), Número de Espigas por Planta(NTEP).

TRATAMENTOS	AP(CM)	CE (CM)	NE10	IC(%)	MG10 (G)	M10P (KG)	NEP	
T1	161 c	27,3 a	34,5 b	0,26 b	999,9 b	3,78 b	1,62 a	
T2	257 a	29,6 a	45,2 a	0,38 a	1870,2 a	4,89 a	1 b	
T3	250 a	29,1 a	47 a	0,42 a	1905,5 a	4,55 ab	1 b	
T4	220,3 b	29,1 a	50,4 a	0,378 a	1716,5 a	4,62 ab	1 b	
TESTE DE F								
TM		125,5**	2,57 ^{ns}	9,389**	5,98**	23,66**	5,2745*	31**
CV(%)		3,92	4,88	10,56	16,28	11,99	10,4	10,78

**** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de tukey**

***Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de tukey**

^{ns}nao significativo

A maior altura de planta foi observada no tratamento 2 (40 kPa), sendo 257 cm (tabela 1), porém pelo teste de Tukey não houve diferença significativa entre o tratamento 2 e o tratamento 3, diferindo a 5% de probabilidade dos tratamentos 1 e 4. Ao contrário do resultado obtido nesse trabalho, SCHLICHTING (2012) obteve a maior altura de plantas (230,45 cm) no tratamento com a menor tensão (15 kPa) utilizada no manejo.

Para o comprimento de espigas não houve diferença significativa entre os resultados. O número de espigas encontrados em 10 m² dos tratamentos T2, T3 e T4 não diferiu entre si, apenas diferindo do tratamento T1. O mesmo aconteceu para a massa de grãos de 10 plantas, em que não houve diferença significativa entre os diferentes tipos de manejos, apenas diferindo do sequeiro a 5% de probabilidade.

A massa de dez plantas obteve maior resultado no tratamento 2, porém não diferiu dos demais manejos irrigados e nos tratamentos 1, 3 e 4 não houve diferença significativa.

O número de espigas por planta foi maior no sequeiro, mas mesmo o sequeiro produzindo mais que uma espiga por planta, não alcançou a produtividade dos irrigados que obtiveram apenas uma espiga por planta. As espigas do sequeiro apresentaram menor quantidade de grãos e esse fator pode ter ocorrido por causa da diminuição da população de plantas devido ao estresse hídrico. Plantas conduzidas em condições de irrigação normalmente apresentam menos resistência a situações de déficit hídrico no solo (SANTOS E CARLESSO, 1998). A desuniformidade apresentada pelas espigas também foram observadas por BERGAMASHI (2004) onde na Safra 2002/2003 plantas submetidas ao estresse hídrico do pendoamento ao enchimento de grãos apresentaram um grande número de espigas sem grãos ou espigas com poucos grãos.

Tabela 2. Produtividade de Água (PA), Produtividade Total (PT), Lâmina de água (LA)

TRATAMENTOS	PA (kg m⁻³)	Ptotal (kg ha⁻¹)	LA (mm)
T1	0,827 b	3800,1 b	459,2
T2	1,29 a	9644,6 a	747,4
T3	1,13 a	8883,2 a	779,38
T4	1,13 ab	8337,8 a	736,49
TESTE DE F			
TM	6,4351**	22,01**	
CV(%)	15,59	16,36	

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de tukey

*Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de tukey

^{ns}nao significativo

A produtividade de água obteve um maior rendimento no tratamento 2 (1,29 kg/m³), porém não diferiu significativamente dos demais irrigados T3 e T4 (1,13 kg/m³). O tratamento de sequeiro (0,827 kg/m³) e o baseado em condições atmosféricas também não diferiram entre si. A maior produtividade de água foi obtida no tratamento que recebeu a lâmina de (747.4 mm), em relação aos outros dois tratamentos, porém (LIMA et. al., 2012) observou que uma irrigação mais deficitária gerou uma maior produtividade de água ao nível de recinto (aglomeração de mais de uma parcela de onde a água está sendo derivada) resultados parecidos foram obtidos por (MARTIN J. D. et. al., 2012), onde o tratamento que obteve uma irrigação deficitária aumentou a produtividade de água.

A produtividade total nos sistemas irrigados foi maior que no sequeiro, porém não houve diferença significativa pelo teste de tukey entre os diferentes manejos. A produtividade no sequeiro foi de 3800,1 kg/ha. Segundo a EMBRAPA (2010) o nível médio nacional de produtividade em condições de sequeiro é da ordem de 4417,00 kg ha⁻¹ na safra.

A produtividade máxima obtida no experimento foi observada no tratamento T2, onde utilizou a maior tensão de acionamento da irrigação, com uma produtividade de 9644,6 kg/ha. As produtividades dos outros dois tratamentos irrigados também foram consideradas boas (8883,2 e 8837,8 kg ha⁻¹). Essas

produtividades são consideradas altas quando se compara com resultados obtidos em outras pesquisas. Resultados parecidos foram observados por BERGAMASHI (2004), enquanto a área irrigada produziu cerca de 10000,00 kg ha⁻¹. O autor ainda ressalta a elevada sensibilidade do milho ao déficit hídrico do florescimento ao início da formação de grãos, neste período somente a chuva e a irrigação podem manter uma produtividade de grãos em níveis elevados da ordem de 8000,00 kg há⁻¹, se não houver limitações por outros fatores.

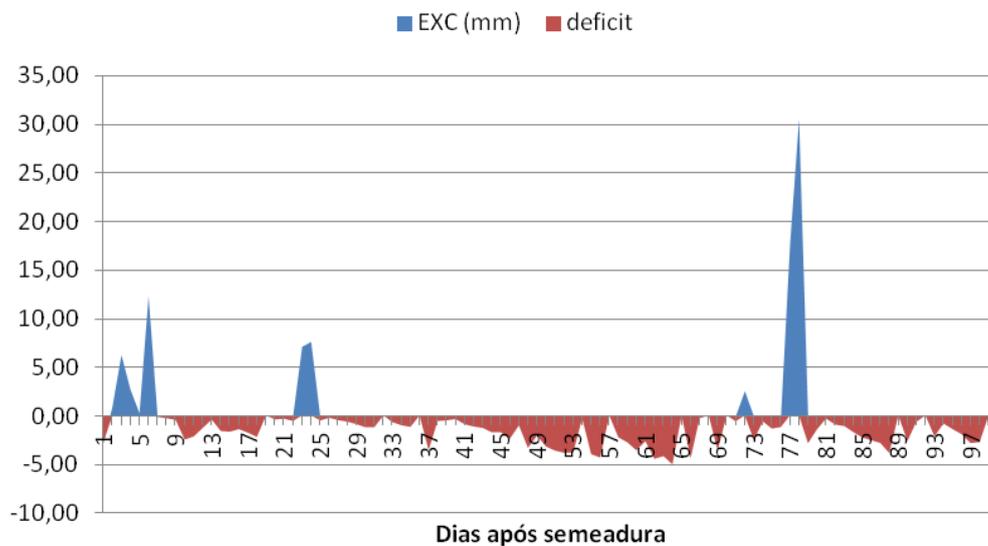


Figura16. Balanço hídrico.

O tratamento sequeiro sofreu um déficit hídrico de 146.68 mm durante todo o experimento (figura 16). Resultados encontrados também por (BERGAMASCHI, 2004) onde a safra de 98/99 foi reduzida pela consequência da estiagem prolongada que ocorreu nos meses de dezembro e janeiro, quando a grande maioria das lavouras de milho do estado estavam no período crítico, ou seja do pendoamento ao enchimento de grãos.

As produtividades nos tratamento com irrigação foram aproximadamente 153.79% maiores que no tratamento sob condições de sequeiro (BERGONCI. al., 2001). A diferença de rendimento entre os tratamentos irrigado e não-irrigado foi acentuada nos anos agrícolas de 1993/94 (63,3%) e 1996/97 (62,2%). A produtividade do sequeiro para o ano agrícola avaliado (2013/2014) foi baixa 3800,1 kg ha⁻¹ devido ao acentuado déficit hídrico (147 mm). O mais agravante foi que a maior parte desse déficit (97.74 mm) ocorreu nas fases mais críticas, do pendoamento ao

enchimento de grãos. Sendo que o período que atingiu o pico de déficit hídrico da cultura se encontrava entre 6 a 8 semanas DAS (Dias após semeadura) (44.95mm), o que coincidiu com o período de emissão dos pendões.

5 Conclusões

Os tratamentos com cultivo do milho com irrigação obtiveram maior produtividade agrícola e maior eficiência de uso da água do que o sob condições de sequeiro. Sendo que, nos tratamentos irrigados não foram observados diferenças estatísticas entre os parâmetros produtivos com os diferentes sistemas de manejos de irrigação avaliados. Porém no tratamento com manejo de irrigação baseado na tensão de água no solo de 40 kPa foram obtidas as maiores produtividades agrícola e de água.

Como não houve diferença significativa entre os sistemas de manejo da irrigação, cabe ao produtor escolher o sistema de manejo de irrigação que melhor atender as suas condições financeiras, técnicas e operacionais.

Referências Bibliográficas

ALVES H. C. R., AMARAL R. F. DO, **Produção, área colhida e produtividade do milho no nordeste**. Informe rural ETENE, ano v, Setembro de 2011, n. 16.

Anova, Agrotecnologia. Clima online. **Como calculamos a evapotranspiração de referência (ET_o)**, ART-01/12, 2014. Disponível em: http://www.climaonline.com.br/art_pdf/calc_eto.pdf

AZEVEDO J. A. ET AL, **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1983, 53 p. Circular técnica n.16.

BERGAMASHI, H. ET AL, **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos**. Pesq. Agropec. Bras. Brasília, v.39, n.9, p. 831-839, Set. 2004.

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) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CALBO, Adonai Gimenez. **Irrigás: sistema gasoso de controle de irrigação**. Estado da água no solo e na planta, 2006. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/novidade/prelancamento/irrigas/irrigas.html>>

CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira, grãos**. v.1 safra 2013/14, n11, Décimo Primeiro Levantamento, Brasília, p. 1-82, Ago. 2014.

CRUZ J. C. ; FILHO I. A. P. ; DUARTE A. P. ; **Milho Safrinha**. AGEITEC. Agencia embrapa de informação tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fya0krse02wx5ok0pvo4k3mp7ztkf.html> . Acesso em 05/11/2014.

DOORENBOS, j.; KASSAM, A. H. **,yields response towater**, Roma: FAO, 1979.193 p. (FAO Irrigation and drainage Paper , 33.

Falker, base de informações, 2011. Disponível em: <http://www.falker.com.br/base/article/AA-00327/0/Quais-as-diferen%C3%A7as-do-HidroFarm-para-sensores-como-o-Watermark.html> Acessado em 04/11/2014

FARIA R.A. et. al. **Demanda de irrigação suplementar para a cultura do milho no estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.1, p.46-50, 2000.

FIETZ C. R. E FISCH G. F.. O clima da região de Dourados, MS. Documentos 92 . 2ª edição ,Embrapa, Dourados, abril/2008.

FLARESSOJ. A. et. al. **Cultivares do milho (*Zeamays* L.) e Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para ensilagem no Alto do Vale do Itajaí, Santa Catarina.** Revista Brasileira Zootecnia. 29 (6), p. 1608 – 1615, 2000.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Rede de observação, 2014.** Disponível em: http://www.inmet.gov.br/html/rede_obs/rede_obs.html Acessado em 04/11/2014

Irriga, informações técnicas. Cientec, **Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas, 2014.** Disponível em: http://www.cientec.net/cientec/InformacoesTecnicas_Irriga/Irigacao_Manejo_Evapotrspiracao.asp Acessado em 04/11/2014

LANDAU E. C. ; SANS L. M. A. ; SANTANA D. P.. **clima e solo.** Embrapa milho e sorgo, sistemas de produção, ISSN1679-012-X. 5edicao, set. 2009.

LOPES, A. S. ET AL , **Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional.** Eng. Agric. Jaboticabal, v.24 , n.1, p. 89-100, Jan./Abr. 2004.

MARTIN J. D. et al. **Irrigação deficitária para aumentar a produtividade de água na produção de silagem de milho.** Irriga, Botucatu, Edição Especial, p. 192 - 205, 2012.

MOREIRA J. A. A. et. al. **Eficiência de uso de água pela cultura do milho (Zeamays) em função da cobertura do solo pela palhada no sistema plantio direto.** Sete Lagoas, MG. Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE, 2011.

OLIVEIRA , F. C. DE . GEISENHOF , L. O. PRODUTIVIDADE DA ÁGUA NO CULTIVO DO BRÓCOLIS DE CABEÇA SOB DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO. (DISSERTAÇÃO MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA) DOURADOS, MS- 2014. UFGD. 59 F.

OLIVEIRA, E. L. DE ET AL, Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro acaia considerando seis safras. Eng. Agric. Jaboticabal, v.30 ,n.5 p. 887-896, Set./Out. 2010.

PEGORARI, A. B. Efeito de lâminas de água aplicadas como irrigação suplementar no ciclo do milho safrinha sob plantio direto na região de dourados–MS, 2005, 68f. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2006.

PIRES, R. C. DE M. ET AL, Agrometeorologia como suporte ao manejo de recursos hídricos e preservação de mananciais. Centro de ecofisiologia e biofísica, Instituto Agrônomo, novembro 1999.

Professor Ricardo. Apresentação Power point, Apresentação 1 **Evapotranspiração**. Acessado em 04/11/2014

RIBEIRO S. C. et al . Estimativa da produtividade de água em uma área irrigada no sul da Espanha, Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.6, n.1, p.51–60, 2012, Fortaleza, CE, INOVAGRI –<http://www.inovagri.org.br>.

SILVA, F. DE A. S, E AZEVEDO, C.A. V. DE. Principal componentes analysis in the software assistat-statistical attendance in : WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE , 7 , reno-NV-USA; American Society of Agricultural and biological Engineers, 2009.