UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MELKEZEDEQUE ALVES LIRA

DEFICIÊNCIA HÍDRICA E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO MINIMILHO NO CERRADO

RONDONÓPOLIS – MT
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
***CAMPUS* UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS**
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MELKEZEDEQUE ALVES LIRA

DEFICIÊNCIA HÍDRICA E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO MINIMILHO NO CERRADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Koetz

RONDONÓPOLIS – MT, 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

A474d Alves Lira, Melkezedeque.
Deficiencia hídrica e adubação nitrogenada no cultivo de milho no cerrado / Melkezedeque Alves Lira. -- 2020
70 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Marcio Koetz.
Co-orientadora: Edna Maria Bonfim da Silva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rondonópolis, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Zea Mays L.. 2. Evapotranspiração de referência. 3. Doses de nitrogênio. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DEFICIÊNCIA HÍDRICA E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO MINIMILHO NO CERRADO

AUTOR: MESTRANDO MELKEZEDEQUE ALVES LIRA

Dissertação defendida e aprovada em 27 de outubro de 2020.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor Marcio Koetz (Presidente Banca / Orientador)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
2. Doutora Edna Maria Bonfim da Silva (Examinador Interno)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
3. Doutor João Ângelo Silva Nunes (Examinador Externo)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
4. Doutor Tonny José Araújo da Silva (Examinador Suplente)
INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

RONDONÓPOLIS,27/10/2020.

Documento assinado eletronicamente por **EDNA MARIA BONFIM DA SILVA**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 27/10/2020, às 20:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **MARCIO KOETZ**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 27/10/2020, às 21:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **joão Angelo Silva Nunes**, **Usuário Externo**, em 28/10/2020, às 00:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2959372** e o código CRC **C92E3319**.

Referência: Processo nº 23108.076540/2020-13 SEI nº 2959372

Aos meus pais, Lurdes e Edilson, por sempre incentivarem meu estudo e trabalharem para que isso acontecesse, em especial a minha mãe por ser o meu Norte e o meu chão quando as coisas pareciam mais difíceis,

DEDICO!!

Aos meus irmãos Sunamita e Israel, pelo companheirismo, carinho e atenção que sempre demonstraram na minha vida. Ao meu sobrinho Guilherme pelas risadas e brincadeiras e pela ajuda que muitas vezes foi necessária,

OFEREÇO!!!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar forças em minha caminhada, por não me abandonar mesmo eu não sendo merecedor de seus cuidados, por me dar alento, refúgio e consolo nos momentos difíceis e por me dar energia para seguir na minha caminhada.

Agradeço à minha mãe e à minha irmã por terem me dado as condições para que eu pudesse me dedicar aos estudos, ao meu pai e ao meu irmão por terem me dado a motivação necessária para eu concluir esse curso, aos demais familiares pelo apoio, pelas ajudas nos momentos difíceis e pela compreensão da minha ausência em momentos importantes.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcio Koetz, por me conceder a oportunidade de fazer parte de seu projeto de pesquisa, me auxiliando e ensinando sempre durante o mestrado, por fazer tudo que estivesse ao seu alcance no desenvolvimento das pesquisas sempre com paciência e atenção.

Aos meus colegas de mestrado, que se tornaram grandes amigos que levarei por toda minha vida, por me ajudarem sempre que necessário e colaborando sempre para o bem das pesquisas.

Aos meus grandes amigos que fiz durante a pós-graduação por terem se feito presentes em todos os momentos, me ajudando sempre que necessário.

"Se você não gosta do seu
destino, não aceite. Em vez disso,
tenha a coragem de o mudar do
jeito que você quer que seja,
ESSE É MEU JEITO NINJA"

Uzumaki Naruto

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espigueta de minimilho in natura colhida no local de condução do experimento durante a condução do estudo. Fonte: Lira, Melkezedeque Alves. 16
Figura 2. Evolução do coeficiente de cultura (Kc) ao longo do ciclo fenológico de culturas de ciclo anual, evidenciando-se as fases 1 ou inicial (Kc-ini) e a 3 ou de florescimento (Kc-mid) (DOORENBOS & PRUITT, 1977; ALLEN et al., 1998).21
Figura 3. Vista aérea da Universidade Federal de Rondonópolis. (1) Área experimental. (2) Estação automática INMET A907. **Fonte:** Google Earth (17/06/2019). 23
Figura 4. Esquema com as dimensões das sub-parcelas experimentais com as medidas total e útil utilizadas no estudo. 24
Figura 5. Croqui com as linhas de irrigação por gotejamento (principal, lateral e de derivação), os blocos, parcelas e as sub-parcelas úteis do experimento.... 25
Figura 6. Posição de cada sub-parcela com as respectivas lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicados. 25
Figura 7. Volume precipitado durante os dias de condução do experimento. . 28
Figura 8. Obtenção de vazão pelo método proposto por Keller e Karmeli (1974). Fonte: BISCARO, 2014. 34
Figura 9. Relação entre vazão e pressão do sistema de irrigação. 35
Figura 10. Temperatura e ETc Loc média diária durante o período de irrigação. 36
Figura 11. Medida de Índice de Clorofila (a) e Diâmetro de Caule (b) realizadas aos 32 DAS. 38
Figura 12. Medidas de diâmetro de espigas em espiguetas com palhada (a) e (b) sem palhada. 39
Figura 13. Doses de nitrogênio para as variáveis altura de plantas de minimilho (a), diâmetro de Caule (b) e índice de clorofila (c) aos 32 dias após a semeadura. ^{ns} não-significativo;*** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 41
Figura 14. Relação entre as lâminas de irrigação e diâmetro de caule aos 32 dias após a semeadura. *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 42
Figura 15. Relação entre lâminas de irrigação e número de folhas (a) e altura de plantas (b) aos 47 dias após a semeadura. ^{ns} não-significativo;*** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 43
Figura 16. Relação entre doses de nitrogênio e altura de plantas (a), diâmetro de caule (b) e Índice Falker de clorofila (c) aos 47 dias após a semeadura. ^{ns} não-significativo;*** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 44

Figura 17. Relação entre número de espiguetas totais por planta e doses de nitrogênio. *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade. 46
Figura 18. Relação entre lâminas de irrigação e número de espiguetas por planta (a) e número de espiguetas comerciais por planta (b). *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade. 48
Figura 19. Relação entre lâminas de irrigação e Diâmetro Com Palhada (DECP) das espiguetas. *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade. 50
Figura 20. Relação entre lâminas de irrigação e Comprimento das Espiguetas Com Palhada (CECP). ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 51
Figura 21. Relação entre lâminas de irrigação e Massa de espiguetas Com Palhada (MECP) (a) e relação entre nitrogênio e Massa das Espiguetas Com Palhada (b). ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 52
Figura 22. Relação entre lâminas de irrigação e Diâmetro das Espiguetas Sem Palhada (DESP). ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 53
Figura 23. Relação entre doses de nitrogênio e produção total e comercial. ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 55
Figura 24. Relação entre lâminas de irrigação e produção total (a), comercial (b) e não comercial (c). *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 56
Figura 25. Eficiência no uso da água do minimilho sob doses de nitrogênio. * significativo a 5% de probabilidade. 57
Figura 26. Eficiência de uso da água do minimilho irrigado sob diferentes lâminas de irrigação. ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade. 57

Tabela 1- Caracterização química do Latossolo Vermelho Distrófico coletado na camada de 0-20cm de profundidade. 26
Tabela 2- Lâminas aplicadas em mm durantes os dias de condução do experimento. Na primeira avaliação (32 dias após a semeadura), segunda avaliação (47 dias após a semeadura) e na finalização do experimento (97 dias após a semeadura). 27
Tabela 3 – Kc do milho de acordo com o estágio de desenvolvimento e dias após a emergência (DAE). 32
Tabela 4. Datas de início e finalização da colheita de cada tratamento com doses de nitrogênio e lâminas de irrigação com seus respectivos DAS inicial e final. 37
Tabela 5. Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis Altura de Plantas (AP), Número de Folhas (NF), Diâmetro de Caule (DC) e Índice de Clorofila (IC) realizadas aos 32 dias após a semeadura. 40
Tabela 6. Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis Altura de Plantas (AP), Número de Folhas (NF), Diâmetro de Caule (DC) e Índice de Clorofila (IC) realizadas aos 47 dias após a semeadura. 43
Tabela 7 - Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis número de espiguetas totais e comerciais. 46
Tabela 8. Número médio de espiguetas por planta total, comercial e não comerciais conforme a dose de N aplicada. 47
Tabela 9. Número médio de espiguetas por planta total, comercial e não comercial conforme a lâmina aplicada. 48
Tabela 10: Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis Diâmetro com palhada (DECP), Comprimento Com Palhada (CECP) e Massa Com Palhada (MECP) na ocasião da colheita. 49
Tabela 11: Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis Diâmetro sem palhada (DESP), Comprimento Sem Palhada (CESP), Massa Sem Palhada (MESP) e Massa da Palhada (MP) na ocasião da colheita. 53
Tabela 12 - Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis produção total, produção comercial e não comercial. 54

DEFICIÊNCIA HÍDRICA E ADUBAÇÃO NITROGENADA NO CULTIVO DO MINIMILHO NO CERRADO

Resumo - Minimilho é o nome dado a espiga jovem do milho, antes da polinização. Seu cultivo ocorre em um ciclo de 70 dias, período esse que enquadra o minimilho como hortaliça, sendo reconhecidamente curto, o que pode representar uma opção para complemento de renda de pequenos agricultores. O nitrogênio e a água são alguns dos fatores que mais afetam o desenvolvimento das culturas em geral. Sendo assim, objetivou-se estudar influência do uso do nitrogênio em relação à deficiência hídrica no cultivo do minimilho. O experimento foi instalado em parcelas subdivididas, no delineamento experimental em blocos casualizados em arranjo fatorial 5x5 e 4 repetições, sendo parcelas as 5 lâminas de irrigação (21, 29, 37, 45 e 53% da evapotranspiração de cultura (ETc)) e sub-parcelas com 5 doses de Nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}). A primeira avaliação foi realizada aos 32 dias após o início do experimento e a segunda avaliação 15 dias após a primeira. A colheita teve início aos 68 dias após a semeadura e foi finalizada aos 116 dias após a semeadura. Foram feitas as análises fitométricas não destrutivas como a altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e índice de clorofila Falker® aos 32 e 47 dias após a semeadura e número de espigas, diâmetro, comprimento, massa das espiguetas com e sem palhada no período de colheita, além de eficiência de uso da água, sendo que os dados foram analisados com auxílio do programa estatístico SISVAR. Não foi encontrado interação entre os fatores para nenhuma das variáveis analisadas. Aos 32 e aos 47 dias após a semeadura os melhores resultados apontaram para uma maior eficiência da dose de 150 kg ha^{-1} de nitrogênio e 44% da ETc nas características de crescimento e desenvolvimento do milho, enquanto para a produção de espiguetas o ajuste foi ao modelo quadrático de regressão linear tanto para os níveis de irrigação, tanto para as doses de nitrogênio, no entanto, quando se elevou os valores de ambos os fatores as espiguetas produzidas foram menores, fazendo com que um maior número de espiguetas se enquadrassem no padrão comercial. A máxima eficiência do uso da água foi obtida com a aplicação de maior lâmina de água e dose de nitrogênio para este experimento. A não interação entre os fatores em todas a variáveis não permite fazer uma avaliação adequada sobre a influência do nitrogênio no cultivo do minimiho em condições de deficiência hídrica, sendo adequado novos experimentos utilizando doses maiores de nitrogênio e de lâminas de irrigação para uma melhor avaliação do desempenho do minimilho nessas condições.

Palavras-chave: *Zea Mays* L, evapotranspiração de referência, Doses de nitrogênio.

HYDRIC DEFICIENCY AND NITROGEN DOSES IN THE DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF THE BABY CORN IN THE CERRADO

Abstract - Baby corn is the name given to young ear of corn, before pollination. Its cultivation occurs in a cycle of 70 days, a period that frames the baby corn as a vegetable, being recognized as short, which may represent an option to supplement the income of small farmers. Nitrogen and water are some of the factors that most affect the development of crops in general. Thus, the objective was to study the influence of the use of nitrogen in relation to water deficiency in the cultivation of baby corn. The experiment was installed in subdivided plots, in a randomized block design in a 5x5 factorial arrangement and 4 repetitions, with 5 irrigation layers (21, 29, 37, 45 and 53% of the crop evapotranspiration (ETc)) and sub -plots with 5 doses of nitrogen (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha-1). The first evaluation was carried out at 32 days after the beginning of the experiment and the second evaluation 15 days after the first. The harvest started at 68 days after sowing and was completed at 116 days after sowing. Non-destructive phytometric analyzes were performed, such as plant height, stem diameter, number of leaves and Falker® chlorophyll index at 32 and 47 days after sowing and number of ears, diameter, length, weight of spikelets with and without straw. during the harvest period, in addition to water use efficiency, and the data were analyzed with the aid of the SISVAR statistical program. No interaction was found between the factors for any of the variables analyzed. At 32 and 47 days after sowing the best results pointed to a higher efficiency of the dose of 150 kg ha-1 of nitrogen and 44% of ETc in the characteristics of growth and development of corn, while for the production of spikelets the adjustment was to the quadratic linear regression model for both irrigation levels and nitrogen doses, however, when the values of both factors increased, the spikelets produced were smaller, causing a greater number of spikelets to fit the pattern commercial. The maximum efficiency of water use was obtained with the application of a larger water layer and nitrogen dose for this experiment. The non-interaction between factors in all variables does not allow an adequate assessment of the influence of nitrogen in the cultivation of minimiho in conditions of water deficiency, being appropriate new experiments using higher doses of nitrogen and irrigation depths for a better evaluation of the baby performance under these conditions.

Keywords: *Zea Mays* L., reference evapotranspiration, nitrogen doses.

Sumário

1. INTRODUÇÃO 13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15
2.1. Milho 15
2.2. Minimilho 16
2.3. Adubação nitrogenada no minimilho 18
2.4. Evapotranspiração 20
2.5. Déficit de Irrigação no minimilho 21
3. MATERIAL E MÉTODOS 23
3.1. Caracterização do local do experimento e época de plantio .. 23
3.2. Delineamento experimental 24
3.1. Correção do solo e adubação 26
3.2. Lâminas de irrigação 27
3.2.1. Determinação da Evapotranspiração de cultura (Etc) para o milho pela equação de Penman-Monteith 28
3.2.2. Pressão de saturação de vapor à temperatura do ar ($\mathbf{es}$) .. 29
3.2.3. Pressão atual de vapor ($\mathbf{ea}$) 29
3.2.4. Saldo de radiação (Rn) 29
3.2.5. Declividade da curva de pressão de saturação (Δ) 31
3.2.6. Constante psicométrica ($\boldsymbol{\gamma}$) 31
3.2.7. Evapotranspiração de cultura (ETc) 32
3.3. Sistema de irrigação 33
3.3.1. Determinação do tempo de irrigação 34
3.4. Cultivar utilizada 36
3.5. Colheita do minimilho 36
3.6. Variáveis analisadas 37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 39
4.1. Análises de desenvolvimento de plantas: Altura de plantas (AP), diâmetro de caule (DC), Número de Folhas (NF) e índice Falker de clorofila (IFC). 40
4.1.1. Análises realizadas aos 32 DAS 40
4.1.2. Análises realizadas aos 47 DAS 42
4.2. Média de espiguetas totais e comerciais por planta 45
4.3. Dados biométricos da produção 49

4.4. Produção total, comercial e não comercial..... 54
4.5. Eficiência do uso da água 56
5. CONCLUSÕES..... 59
6. REFERÊNCIAS 60
7. ANEXOS..... 67

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays* L.) é utilizado na alimentação humana há pelo menos 8.000 anos, havendo provas através de medições por desintegração radioativa que seu cultivo é realizado há cerca de 5.000 anos. Há indícios de que sua origem seja no México, América central ou Sudoeste dos Estados Unidos (FILBO et al., 2000), sendo a planta comercial de origem americana de maior importância econômica e o cereal mais produzido no mundo (CONAB, 2020).

Produzido em todo o Brasil, cerca de 5% da produção nacional de milho se destina à alimentação humana e é a matéria prima principal de vários pratos culinários como cuscuz, polenta, pamonhas, cural, angu, bolos, canjicas, mingaus, cremes e até mesmo a farinha do milho (SOUSA et al., 2019). Grande parte da produção destinada a alimentação humana é realizada por produtores pouco tecnificados e que dependem dessa produção para sua subsistência. Uma forma de consumo *in natura* que vem crescendo e se tornando uma boa opção para pequenos produtores rurais é o minimilho, que pode ter até 5 safras anuais, desde que irrigado. Além disso, o minimilho vem crescendo em valores comerciais devido a uma maior procura das populações de países desenvolvidos por produtos sem aditivos e conservantes (DUARTE et al., 2019).

Um dos principais fatores que tornam atrativo a produção do minimilho é seu menor custo devido a colheita ser precoce quando comparado ao milho destinado a colheita de grãos, seu valor de mercado ser mais elevado, uma vez que o preço de venda por quilo chega a ser 10 vezes maior que o do milho grão, e os tratos culturais serem o mesmo aplicados ao milho grão, variando somente a densidade de plantio que pode ser até 4 vezes maior (ROYO, 2010).

Em pesquisa feita ela Embrapa (2008) concluiu-se que o minimilho irrigado tem um aumento de produtividade de 30 a 40% devido ao milho ser uma planta que apresenta alta necessidade hídrica. A irrigação possibilita a colheita durante todo o ano, melhora as características produtivas do minimilho e agrega valor comercial. Um dos sistemas de irrigação mais utilizados e mais eficientes no uso da água, é o sistema de gotejamento com uma eficiência em torno de 75 e 90%, pois aplica água somente na região da raiz diminuindo as perdas por evapotranspiração (COELHO et al., 2009).

O fornecimento adequado de água às plantas permite uma absorção efetiva de nutrientes, dentre eles o nitrogênio que apresenta o maior requerimento pelas plantas e é fundamental para o minimilho atingir todo seu potencial produtivo e completar seu ciclo. Esse requerimento é um resultado da sua função estrutural e em processos vitais da planta como síntese de proteína, absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA, 2006).

O nitrogênio é um elemento de ciclo aberto e dinâmico, sendo que dentro das plantas é altamente móvel e pode ser prontamente redistribuído dentro da

planta, saindo de um órgão mais velho e indo para um órgão mais novo, deficiente e em crescimento (VASCONCELLOS et al., 2003).

Mesmo o requerimento nutricional do minimilho podendo ser menor quando comparado com o milho convencional, as recomendações de fertilizantes utilizados é a mesma devido ao seu cultivo adensado, fazendo com que a necessidade de nitrogênio, que geralmente representa os maiores custos com fertilizantes para atingir grandes produções siga a mesma recomendação para o ciclo completo do milho grão (EMBRAPA, 2008).

Todos esses fatores associados à uma grande aceitação que o mercado nacional vem tendo para o minimilho, os melhores valores de venda para o produtor e o ciclo curto de produção tornam o mercado bastante rentável e promissor para os cenários futuros.

Dessa forma, objetivou-se estudar a influência do uso do nitrogênio em relação à deficiência hídrica no cultivo do minimilho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Milho

O milho (*Zea Mays* L.) é um cereal pertencente à família *Poaceae,* que são angiospermas monocotiledôneas. É classificada como planta do ciclo C-4, típico de gramíneas tropicais. Possui raiz radiculada que pode atingir até 40 toneladas por hectare e sua altura pode chegar a até 2,5 metros dependendo da cultivar utilizada (DARBY; LAUER, 2013), sendo uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia, pois de uma semente de 0,3 g surge uma planta que em nove semanas pode gerar de 600 a 1000 sementes similares (BARROS & CALADO, 2014; MAGALHÃES et al., 2003).

As variações do milho são cultivados em todas as microrregiões do Brasil, mas principalmente na região Centro-Sul (FANCELLI; ALVES; ALMEIDA, 2015). Mais de 70% do milho produzido no Brasil é de 2° safra, apesar dos riscos climáticos serem maiores (CONAB, 2019).

Na semeadura a temperatura ótima do solo se encontra por volta de 18°C, e a umidade próxima da capacidade de campo para poder iniciar os processos de germinação e emergência. A germinação da semente em condições favoráveis de temperatura e umidade, ocorre dentro de 5 a 6 dias após a semeadura, sendo que a temperatura deve estar acima de 10°C (BARROS & CALADO, 2014). Na fase vegetativa as temperaturas atmosféricas possuem maior influência no desenvolvimento do minimilho e seus valores ideais estão entre 25 e 30 °C. Temperatura do solo e atmosférica, luminosidade favoráveis, elevada disponibilidade de água no solo e umidade relativa do ar superior a 70% são requerimentos básicos durante a floração e enchimento dos grãos (CRUZ et al., 2010).

Em seu desenvolvimento o milho necessita de calor e água para atingir rendimentos compensadores. Os processos fisiológicos do milho estão diretamente ligados à disponibilidade hídrica, enquanto que o crescimento, desenvolvimento e translocação de assimilados estão ligados diretamente a condições de alta temperatura, nas quais a taxa de evapotranspiração é elevada (CAVALCANTE JUNIOR et al., 2018; TAIZ & ZEIGER, 2017).

Para atingir cada estágio fenológico o milho precisa absorver uma quantidade de graus-dia, sendo que os valores costumam variar dependendo da variedade utilizada, pois híbridos tardios, precoces e superprecoces possuem necessidades diferentes. Gadioli et al. (2000) ao avaliar três híbridos constataram que existe uma temperatura média ideal para cada fase do milho e que com o aumento da temperatura média na fase vegetativa houve uma diminuição na produtividade, sendo que os melhores resultados foram com uma média de temperatura de 23,1°C e o maior ciclo foi com um total de 1740 Graus-dia, podendo variar dependendo das características das cultivares utilizadas.

O sistema radicular do milho é do tipo fasciculado e se desenvolve a partir da radícula do embrião que se aprofunda verticalmente no solo. Após isso surgem as raízes secundárias e a raiz primária se desintegra, logo começam a se formar as raízes adventícias que possuem importante papel na sustentação física do milho. (DARBY & LAUER, 2013)

O colmo do milho tem a função de suportar as folhas e partes reprodutivas do milho e servir como órgão de reserva (sacarose), por isso seu desenvolvimento deve acompanhar o desenvolvimento das demais partes, diâmetros maiores de colmo dão a sustentação necessária para evitar o acamamento que é comum na região do cerrado. Magalhães et al. (2003) demonstram em seu estudo a relação entre densidade de plantio, acamamento e diâmetro de caule, mostrando que em maiores densidades o caule tende a se alongar mais e consequentemente ficar mais estreito, se tornando susceptível ao acamamento, como demonstrado no estudo de Oliveira (2018), onde, houve maior taxa de acamamento nos tratamentos com maiores densidades de plantio.

É considerada uma cultura de folha estreita, com seu comprimento muito maior que a largura e dispostas alternadamente e inseridas nos nós. Possui bainha invaginante com bordos serrilhados e nervura central vigorosa. O meristema que é o ponto de crescimento fica abaixo do solo até o aparecimento das folhas visíveis e a fotossíntese inicia o acúmulo de matéria seca pela planta após ela ter duas folhas completamente desenvolvidas (BARROS & CALADO, 2014).

2.2. Minimilho

O minimilho (“baby corn”) é considerado a inflorescência feminina do milho colhido antes da polinização, impedindo a espiga de completar a formação dos grãos (Figura 1).

Figura 1. Espigueta de minimilho *in natura* colhida no local de condução do experimento durante a condução do estudo. Fonte: Lira, Melkezedeque Alves.

Sempre houve o consumo de minimilho *in natura* na alimentação humana, sendo que mesmo antes do advento das indústrias de conservas, famílias já produziam o minimilho para o consumo (FILHO et al., 2019). Com a inserção das conservas a área plantada para esse tipo de milho se elevou em muito, semelhantemente ao que aconteceu ao milho verde (FILHO et al., 2019; FILHO et al., 1998).

Os principais produtores mundiais de minimilho são países com mão de obra barata, onde a colheita e a descascagem do milho são feitas à mão (RANJAN et al., 2013), assim como no Brasil onde o minimilho se tornou uma ótima opção para o pequeno produtor devido ao seu ciclo curto, por volta de 70 dias, se enquadrando como uma hortaliça. Além disso, por ser colhido antes do desenvolvimento completo do milho, densidades maiores são utilizadas na produção, chegando a uma população de 150 à 200 mil plantas por hectare, enquanto que na produção de grãos a densidade varia entre 55 e 70 mil plantas (FILHO et al., 2019; ROYO, 2010).

Geralmente seu cultivo é em sistema de monocultivo, mas estudos fazem a consorciação do minimilho com leguminosas. Sharma & Banik (2015) estudaram o minimilho consorciado com leguminosas (grão de bico, ervilha, amendoim e lentilha) e constataram que o mesmo tem perdas de produção de 5 à 14,4%, enquanto que as leguminosas possuem perdas de 8,3 à 44%, demonstrando que a produção de minimilho é afetada pelo consórcio, mas há ganhos econômicos quando a produção é avaliada como um todo.

Qualquer cultivar de milho pode produzir minimilho, no entanto as cultivares mais utilizadas para a produção são as de milho pipoca, por ser mais prolífico e produzir espigas menores que se enquadram melhor no padrão comercial (CRUZ et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2016).

Em estudos realizados no Cerrado mato-grossense com a produção de minimilho durante o período do inverno, Oliveira (2018) constatou que com o aumento do número de plantas por metro linear houve a diminuição do diâmetro de colmo e aumento da altura de inserção da primeira espiga, sendo que estes fatores tornam as plantas mais suscetíveis ao acamamento, fragilizando a cultura durante o período do inverno onde é possível a incidência de ventos fortes.

Outro fator importante na produção é a que a retirada da primeira inflorescência feminina induz a produção de novas inflorescências que geralmente possuem produtividades maiores que a primeira, permitindo que a segunda espiga seja colhida verde ou madura. Esse processo pode se repetir até quatro vezes, sendo que na segunda colheita geralmente a produtividade é maior e a partir da terceira espigueta a produtividade cai drasticamente (FILHO et al., 2019), aumentando assim a flexibilidade na produção que pode ser associada à produção de outras formas de milho, aumentando a lucratividade (SILVA et al., 2013).

A colheita do minimilho pode ser realizada com até 70 Dias Após a Emergência (DAE) dependendo da cultivar, da época de plantio e o manejo

adotado na produção. No ponto ideal de colheita das espiguetas o desenvolvimento é bem rápido e ocorre de 2 a 3 dias após a emissão dos estilos-estigma, quando as espiguetas possuem entre 70 e 90% de umidade, sendo que com mais 2 ou 3 dias se perde o ponto ideal e a espigueta começa a sair fora do padrão ideal comercial (SILVA et al., 2006).

A colheita das espiguetas deve ocorrer nas primeiras horas da manhã quando a umidade está mais elevada e a temperatura está mais baixa. Após a colheita as espiguetas que estiverem fora do padrão comercial podem ser usadas na alimentação animal ou ser deixadas no solo como cobertura em sistemas de plantio direto (EMBRAPA, 2008).

O minimilho, assim como o milho possui alto valor nutritivo e possui em sua composição valores parecidos com o de outras hortaliças. No momento da colheita possui cerca de 89,1% de umidade; 0,020% de gordura; 8,20% de carboidratos e 0,060% de cinzas. Cem gramas de minimilho contêm, em média, 86 mg de fósforo, 0,1mg de ferro, 64 UA de vitamina A, 0,05 mg de tiamina, 0,8mg de riboflavina, 11,0 mg de ácido ascórbico e 0,3% de niacina (LIMA et al., 2015; MENEGHETTI, 2006; PINHO et al., 2003).

Segundo Meneghetti et al. (2013) cerca de 10 a 20% do minimilho produzido consegue satisfazer as exigências da indústria e do consumidor final. O padrão de espigas que o mercado exige é de espiguetas entre 4 e 10 cm e com 1 a 1,5 cm de diâmetro. No entanto o mercado tem aceito espiguetas maiores, entre 8 e 14 cm de comprimento e até 2 cm de diâmetro (EMBRAPA, 2008).

Pode ser comercializado nas formas “minimamente processado” ou em conserva, o que permite sua comercialização com ou sem a palha, agregando valor ao produto. O preço de venda também é superior, chegando à R$ 6,00 o quilo do minimilho in natura, enquanto que o milho convencional se encontra na casa dos R$ 0,70 pagos ao produtor pelo quilo produzido (CONAB, 2019; JUNG, 2017).

2.3. Adubação nitrogenada

O nitrogênio é um elemento de ciclo aberto, dinâmico e altamente móvel na planta, sendo assim sua deficiência aparecerá inicialmente nas folhas mais velhas, como manchas cloróticas amareladas. É absorvido preferencialmente nas formas de Nitrato (NO_3-) ou amônio (NH_4+) e sua concentração depende do manejo e pH do solo (VASCONCELLOS et al., 2003; VIEIRA, 2017). Se trata do nutriente de maior demanda pelas plantas e de todo o nitrogênio presente no solo, apenas 2% se encontra prontamente disponível nas formas de nitrato e amônio (AMADO et al., 2002).

Fornasieri-Filho (2007) destaca que solos com teores de nitrogênio de 27 $g.dm^{-3}$ na camada de 0-20 cm teoricamente conseguem fornecer 54 kg ha^{-1} de nitrogênio e que a adubação nitrogenada em solos com esses níveis de nitrogênio são pouco efetivas, além disso Okumura et al., (2012) relata que 70 a

90% das pesquisas conduzidas no Brasil com solos sob diversas condições edafoclimáticas e de manejo apresentam resultados positivos para a cultura do milho adubada com nitrogênio.

A aplicação de nitrogênio geralmente é feita de forma parcelada, fazendo uma aplicação na semeadura e as restantes em uma ou duas aplicações dependendo das condições de solo e cultivo. Teixeira et al. (1997) recomendam a aplicação de um terço da dose na semeadura, pois a disponibilidade de nitrogênio é importante para o rápido desenvolvimento inicial e aumento de produtividade. O restante deve ser aplicado a partir do momento em que a planta atinge a fase de ativo desenvolvimento.

Devido a sua função estrutural há uma maior exigência de Nitrogênio pela cultura do milho, pois faz parte de compostos orgânicos como aminoácidos e proteínas (FAQUIN, 2005). A fase que apresenta o melhor resultado para aplicação de nitrogênio é no estágio V_4, atingido geralmente duas semanas após a emergência, pois o milho tem seu potencial produtivo definido pela diferenciação do meristema apical (OKUMURA et al., 2011). Por isso é importante antecipar a segunda dose da adubação nitrogenada para o estágio de 3 a 4 folhas para uma maior eficiência na utilização do nutriente (MENEGHETTI et al., 2013).

Para a variedade de minimilho o requerimento de nitrogênio são menores por ser colhido antes de completar seu ciclo, mas na prática a adubação do minimilho é feita seguindo as recomendações do milho comum, aplicando entre 100 e 150 kg ha^{-1}, divididos entre semeadura e cobertura (SANTOS et al., 2014), devido a sua densidade populacional para o cultivo do minimilho ser até 4x maior.

Argenta et al. (2001) avaliando a aplicação de nitrogênio no milho observaram efeito positivo entre o índice de clorofila e o rendimento dos grãos, mostrando que quando em níveis adequado, que para o milho é de aproximadamente 60, produz melhores respostas fisiológicas, consequentemente aumentando o rendimento do milho. Resultados semelhantes foram confirmados por Segatto et al. (2017) que observaram relação positiva entre os índices de clorofila medidas e o rendimento de grãos de híbridos de milho (DKB 240 e 290) devido aos cloroplastos que são constituintes da molécula de clorofila presentes principalmente nas folhas, onde cada átomo de Mg está ligado a quatro átomos de nitrogênio e também participa da síntese de vitaminas, hormônios, coezima, alcalóides, hexosaminas e outros compostos.

Mesmo com os efeitos positivos em aplicações maiores, a dose de nitrogênio de maior eficiência econômica na cultura do milho é a de 150 kg ha^{-1}, isso porque apesar do milho aumentar sua produção com o acréscimo de nitrogênio, este é o nutriente mais caro utilizado na sua produção, portanto a partir dessa dose os custos de aumento da aplicação não resultam em vantagem na produção (JUNG, 2017).

2.4. Evapotranspiração

Evapotranspiração é a forma como a água passa para a atmosfera na forma de vapor de água, consistindo na evaporação de superfícies livres como rios, lagoas, represas, oceanos, etc., e da transpiração que é a vaporização da água contida nos tecidos vegetais e sua posterior remoção para a atmosfera. Esses dois processos ocorrem de forma simultânea e não há como distingui-los (SENTELHAS & ANGELOCCI, 2009).

Esse fenômeno se trata de um importante parâmetro agrometeorológico, principalmente no manejo de irrigação, além de ser considerado um elemento climático de demanda hídrica, sendo utilizado em meteorologia, estudos climatológicos e hidrológicos em termos globais (CARVALHO et al., 2011).

A evapotranspiração de referência (ET_0) se refere a um parâmetro climático que define a capacidade de evapotranspiração da atmosfera, enquanto que evapotranspiração de cultivo (ETc) se refere à evapotranspiração de determinada cultura em condições ótimas de manejo e cultivo e atingindo a produção máxima dentro das condições climáticas em que está inserida (TUCCI, 2004).

Atualmente o método considerado padrão para a determinação da ET_0 é a equação de Penman-Monteith que começou a ser desenvolvida em 1990 em uma colaboração entre especialistas escolhidos pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização Meteorológica Mundial com a intenção de revisar as metodologias de determinação das necessidades hídricas das culturas e determinar suas recomendações (FAO 56, 2015).

A unidade utilizada é expressa em milímetros (mm) por uma unidade de tempo, que representa a quantidade de água perdida em um hectare em unidades de altura de água e a unidade de tempo pode ser uma hora, um dia, um ciclo completo de cultivo ou um ano. A medida de um hectare representa uma área de 10.000 metros quadrados (m^2), enquanto que 1 mm representa 0,001 metro, sendo assim quando dizemos que houve uma evapotranspiração de 1 mm, estamos dizendo que evaporaram 10 m^3 de água de cada hectare (CONCEIÇÃO, 2006).

A determinação da Evapotranspiração de Referencia (ET_0) é feita a partir de um cultivo de gramínea que cobre toda uma determinada superfície de solo e o cultivo deve ser feito em condições ótimas de cultivo, sem restrições de água ou nutrientes. O conceito de ET_0 foi desenvolvido para que se tivesse um parâmetro de evapotranspiração sem que houvesse influência de um determinado tipo de cultivo e práticas de manejo. A ET_0 é afetada somente por fatores climáticos, sendo assim considerada também como fator climático que pode ser calculada a partir de dados meteorológicos de uma localidade especifica em uma determinada época do ano (FAO 56, 2015).

Já a Evapotranspiração de Cultura (ETc) é determinada para uma cultura especifica livre de doenças, com condições ótimas de água, solo e nutrientes e

que alcança a máxima produtividade dentro das condições climáticas presentes na região. Ela determina a quantidade de água que deve ser fornecida a cultura para repor o que foi perdido na evapotranspiração (FONSECA & BATISTA, 2006).

A razão entre a ETc e a ET_0 é chamada de coeficiente de cultivo (Kc) e é utilizada para a determinação da ETc através da ET_0.

2.5. Déficit de Irrigação no minimilho

O ciclo curto do minimilho permite em regiões tropicais até 5 safras anuais, desde de que haja irrigação. Desta forma, se destaca como atividade viável para pequenas propriedades rurais (SANTOS et al., 2014).

Em seu ciclo completo, uma planta de milho absorve de 400 a 700 L de água. Para uma condição de clima seco em torno de 15% dessa quantidade é na fase 1 de seu desenvolvimento que dependendo da variedade corresponde a 17% do ciclo total. Na fase 2, a necessidade é de 28% do total e na fase 3, que é a fase reprodutiva, por volta de 33% da necessidade total. O restante da necessidade hídrica no milho é absorvida na fase 4 de seu desenvolvimento, que é o estágio final, quando o milho está encerrando seu ciclo (Figura 2) (ALBUQUERQUE & RESENDE, 2019). No cultivo do minimilho o ciclo é interrompido na metade da fase reprodutiva, fazendo com que a necessidade hídrica total do minimilho seja de 260 a 455mm de água (EMBRAPA, 2008).

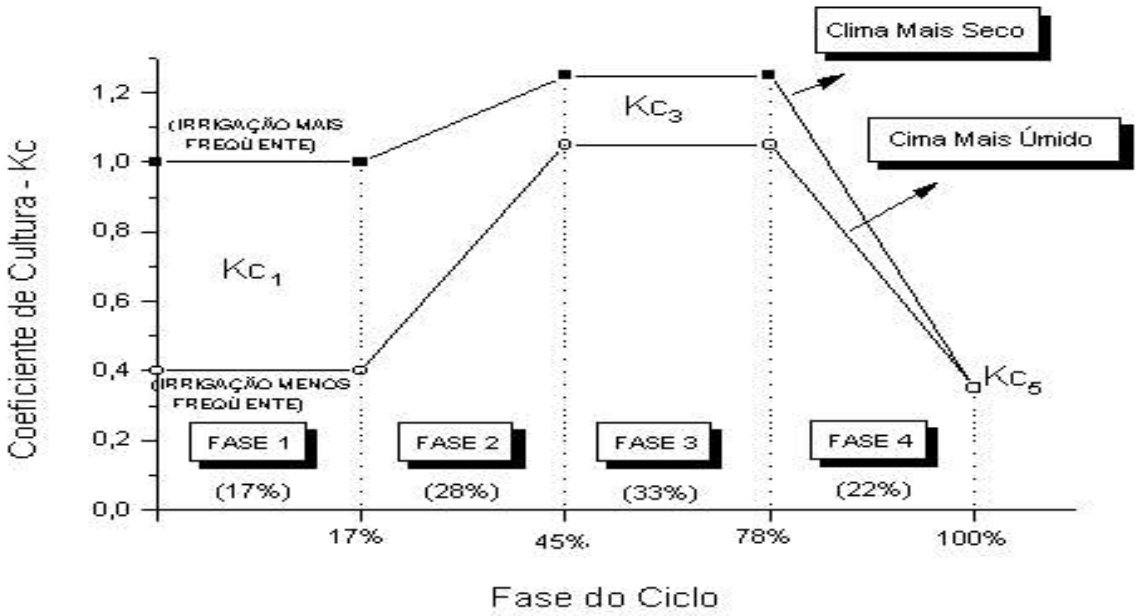

Figura 2. Evolução do coeficiente de cultura (Kc) ao longo do ciclo fenológico de culturas de ciclo anual, evidenciando-se as fases 1 ou inicial (Kc-ini) e a 3 ou de florescimento (Kc-mid) (DOORENBOS & PRUITT, 1977; ALLEN et al., 1998).

O déficit hídrico é um dos fatores limitantes da produção de milho, uma vez que o período de maior exigência hídrica do milho é na fase reprodutiva, durante a floração e enchimento dos grãos (FUNDA et al., 1995), que é

justamente quando as espiguetas do minimilho são colhidas. Déficit hídrico nessa fase podem resultar em perdas de produção na ordem de 40 à 50%, pois uma das variáveis mais afetadas é o número de espigas por planta (BERGAMASCHI et al., 2004; MENEGHETTI, 2006).

Costa et al. (2008) estudando o déficit hídrico na fase vegetativa, mostraram que todas as características de desenvolvimento avaliadas foram afetadas nos tratamentos que tiveram os maiores déficits hídricos, sendo que apenas a variável de massa seca de raízes não apresentou efeito significativo. Meneghetti et al. (2013) avaliando o déficit nesse período, constataram que pode resultar em perdas na produção entre 30 e 40%, assim como os resultados obtidos por Silveira et al. (2015) que avaliando o efeito do manejo de irrigação no crescimento e produção do minimilho observaram que os tratamentos com estresse hídrico influenciaram em todas as características de desenvolvimento e medidas biométricas da produção (número de espiguetas, diâmetro com palhada e sem palhada, comprimento com palhada e sem palhada, massa com palhada e sem palhada das espiguetas), tendo os melhores resultados nos tratamentos com os níveis recomendados de disponibilidade de água no solo.

O período de maior demanda hídrica (fase 3) independe das condições climáticas, sendo que irrigações realizadas nessa fase podem elevar a produção a níveis satisfatórios, mesmo que o solo não atinja a capacidade de campo (BERGAMASCHI et al., 2004). Araujo et al. (2011) observaram que quando a umidade do solo é reduzida a até 40% da capacidade de campo a produção do miho não é influenciada. No entanto, Melo et al. (2018) mostraram que o milho tende a dar mais respostas positivas quando há reposição hídrica durante seu cultivo, como massa fresca e seca da parte aérea, produtividade de espigas e produtividade de grãos. Dados esses confirmados por Meneghetti et al. (2013) relatam que o minimilho não consegue superar déficits hídricos de evapotranspiração acumulada superiores a 30 mm, acarretando em perdas significativas de produção. O ideal de é que o manejo da irrigação seja com valores acumulados de Etc acima de 15mm.

No entanto, Bonfim-Silva et al. (2011) ao avaliarem o desenvolvimento inicial de gramíneas (sorgo, milho e milheto) sobre estresse hídrico, observaram que dentre as culturas avaliadas o milho é a de maior sensibilidade, não sendo tolerante à escassez e ao alagamento, mas os melhores resultados foram determinados com o déficit hídrico, onde os tratamentos com 60% e 30% da capacidade de campo não se diferenciaram entre si, mas foram melhores que o tratamento alagado.

Mesmo o déficit hídrico ser um dos principais fatores limitantes, Almeida (2016) verificou que o milho irrigado com 50% da ETc em casa de vegetação no clima subtropical úmido, não se diferenciou estatisticamente da produtividade do milho irrigado com 100% da ETc, o que mostra que o milho em condições de estresse hídrico, mesmo este sendo o maior limitante da produção, conseguiu alcançar níveis satisfatórios de produção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do local do experimento, semeadura e colheita

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Rondonópolis, localizada na latitude 16°27’47’’S e longitude 54°34’43’’W. O clima típico da região é classificado com Aw segundo o Koppen, que se caracteriza por clima tropical de inverno seco.

O local do experimento se situa a uma altitude de 290 m e a uma distância de 130 m da estação meteorológica automática A907 do INMET (Figura 3).

Figura 3. Vista aérea da Universidade Federal de Rondonópolis. (1) Área experimental. (2) Estação automática INMET A907. **Fonte:** Google Earth (17/06/2019).

O experimento foi conduzido entre as datas de 15/07/2019 (data de plantio) e 08/11/2019 (data da última colheita) (anexo A). A escolha das datas foi feita seguindo o histórico climatológico da região, selecionando a época mais seca do ano, a fim de ter uma melhor comparação entre as lâminas de irrigação nas fases iniciais do cultivo do minimilho.

3.2. Delineamento experimental

O experimento foi realizado em Blocos Casualizados com esquema fatorial 5x5 em parcelas subdivididas, sendo o fator doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}) considerado as parcelas e o fator lâminas de irrigação (21, 29, 37, 45 e 53% da ETc) subparcelas. Foram realizadas 4 repetições (blocos), totalizando 100 parcelas analisadas.

Cada parcela experimental possuía 2,7x10m onde foram aplicados os tratamentos com lâminas de irrigação e estas foram divididas em 5 sub-parcelas, cada uma com 2,7x2m, sendo composta por 3 linhas com espaçamento de 0,9m e 2m de comprimento. Dessa área foram dispensadas as duas linhas de bordadura, restando somente a linha central e 0,5m para cada lado de cada linha central, correspondendo a uma área útil de 0,9x1 m (Figura 4). A área total do experimento foi de 540 m^2.

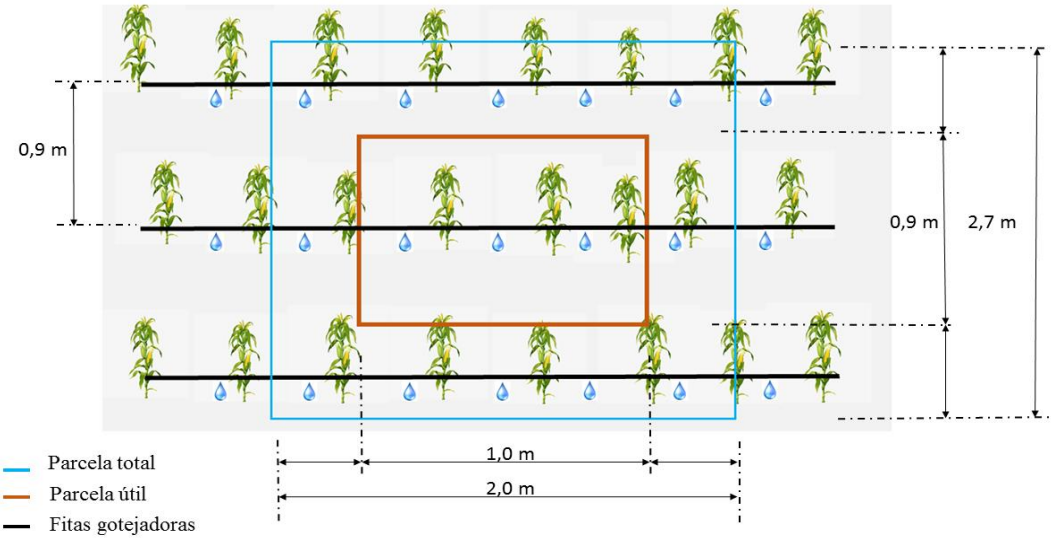

Figura 4. Esquema com as dimensões das sub-parcelas experimentais com as medidas total e útil utilizadas no estudo.

Os tratamentos foram distribuídos de forma que a linha de irrigação atravessasse o bloco e dentro dessa linha de irrigação as doses de nitrogênio fossem distribuídas ao acaso.

A linha lateral passava pelo meio da área experimental onde as linhas de derivação se dividem para os dois lados ficando dois blocos para cada lado (Figura 5).

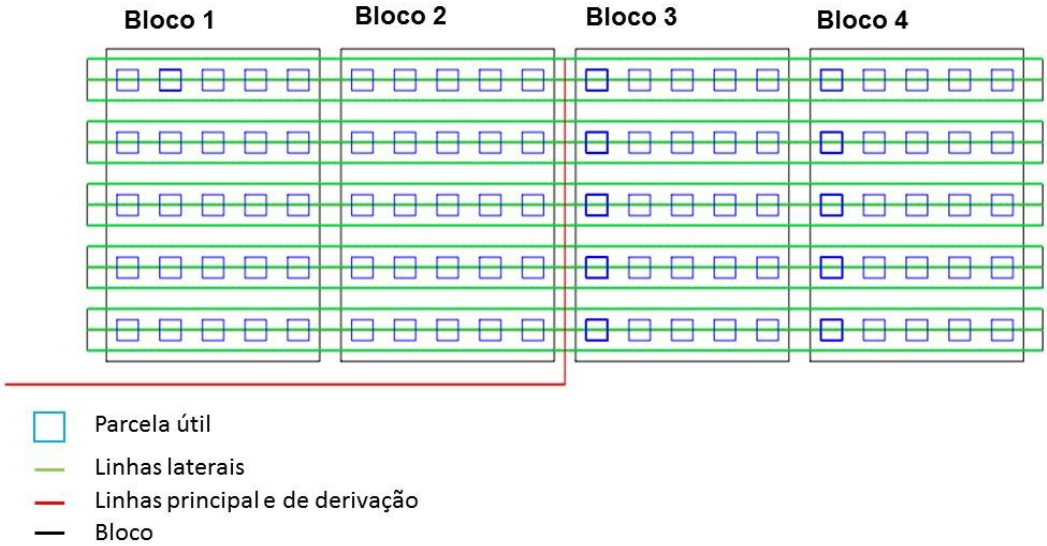

Figura 5. Croqui com as linhas de irrigação por gotejamento (principal, lateral e de derivação), os blocos, parcelas e as sub-parcelas úteis do experimento.

Foram feitas duas casualizações, sendo que inicialmente as cinco lâminas de irrigação foram sorteadas dentro de cada bloco, e então dentro de cada lâmina de irrigação foi realizado o sorteio das doses de nitrogênio. A figura 6 mostra a posição de cada tratamento dentro da área experimental.

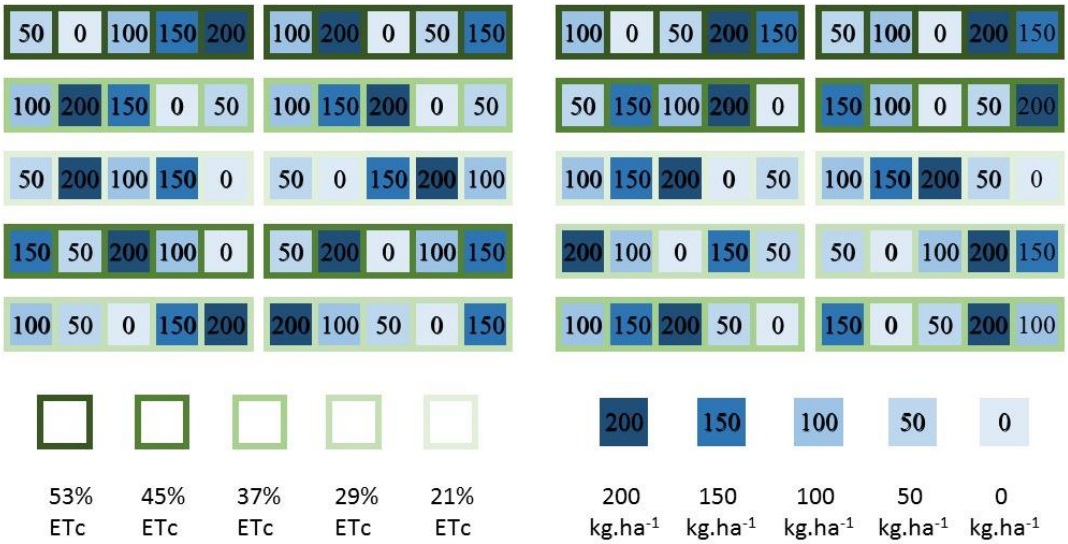

Figura 6. Posição de cada sub-parcela com as respectivas lâminas de irrigação e doses de nitrogênio aplicados.

A densidade de plantio utilizada foi de 14 plantas por metro linear. Com o espaçamento de 0,9m entre linhas, a densidade final de plantas foi de 155,55 mil plantas por hectare.

3.1. Correção do solo e adubação

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura média (EMBRAPA, 2018). Para realização da análise química e granulométrica foram coletadas 15 amostras simples em pontos aleatórios, a fim de ter uma amostra representativa da área experimental. Após a coleta, a amostra foi passada em uma peneira com malha de 2 mm para posteriormente ser encaminhada ao laboratório.

O solo possui textura franco argilosa arenosa com 456, 134 e 410 g kg^{-1} de areia, silte e argila, respectivamente. As características químicas do solo podem ser observadas na tabela 1.

Tabela 1- Caracterização química do Latossolo Vermelho Distrófico coletado na camada de 0-20cm de profundidade.

pH		P	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	M.O	V
H_2O	$CaCl_2$	mg dm^{-3}		---------- cmolc dm^{-3} ----------					g dm^{-3}	%
5,7	4,9	18,2	51,5	1,80	0,71	0,00	3,52	6,17	22,0	42,79

Os resultados demonstraram necessidade de correção de acidez e adubação do solo. Foi utilizado o calcário dolomítico com PRNT de 86% e o V_2 usual para o milho no Cerrado que é 60% (CARLOS & BERNARDI, 2003; LOPES & GUILHERME, 1994).

A aplicação de calcário foi realizada 60 dias antes da semeadura, a fim de ter o tempo necessário para estabilização do pH do solo. Para maior uniformidade de aplicação cada bloco foi dividido em 4 partes iguais e a quantidade necessária para cada quadrante aplicada à lanço.

A adubação utilizada foi de 150 kg ha^{-1} de Fósforo (P_2O_5) utilizando como fonte Super Fosfato Simples (SPS, 18% de P_2O_5, 16% de Cálcio e 8% de Enxofre), 100 kg ha^{-1} de Potássio (K_2O) utilizando como fonte Cloreto de Potássio (KCl, 58% de K_2O) e 50 kg ha^{-1} de micronutrientes tendo como fonte FTE BR12 (7,1 % de Cálcio, 5,7% de Enxofre, 1,8% de Boro, 0,8% de Manganês, 0,1% de Molibdênio e 9,0% de Zinco).

Os fertilizantes citados anteriormente foram aplicados na ocasião da semeadura sendo distribuídos nos sulcos. Para os tratamentos com nitrogênio foi utilizado ureia (45% de N), utilizando-se as doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1}. A aplicação foi dividida em semeadura e cobertura, com 30% para semeadura e 70% em cobertura. Na semeadura a ureia foi aplicada nos sulcos próximos às sementes, enquanto que na cobertura a ureia foi aplicada 10 Dias Após a Semeadura (DAS) em solução aquosa próximo às raízes das plantas.

3.2. Lâminas de irrigação

Foram utilizadas 5 lâminas de irrigação com déficit hídrico respectivos a 21, 29, 37, 45 e 53% da ETc, sendo que a somatória das lâminas aplicadas está expressa no anexo A.

Nos primeiros 17 dias após a semeadura foi aplicado a lâmina de 100% da ETc para todos os tratamentos para que a cultura se estabelecesse, totalizando 76 mm de água aplicada para todos os tratamentos, sendo que a partir deste momento os tratamentos foram diferenciados.

Aos 32 dias após a semeadura, o somatório das lâminas aplicadas nos tratamentos 21, 29, 37, 45 e 53% ETc foi de 94, 101, 107, 112, 121 mm, respectivamente, já somados os 76 mm iniciais e 5 mm de precipitação que ocorreu nesse período.

Na ocasião da segunda avaliação, que foi realizada aos 47 dias após a semeadura, houve um somatório para as lâminas de 112, 128, 140, 150 e 168 mm de água respectivamente, já somados 5,6 mm de água precipitada. Ao final do experimento (97 dias após a semeadura) o total de lâmina aplicada foi de 179, 225, 260, 290 e 341 mm de água, respectivamente, sendo que destes, 31,4 mm foi obtido das precipitações ocorridas no período de condução do experimento (Tabela 2).

Tabela 2- Lâminas aplicadas em mm durantes os dias de condução do experimento. Na primeira avaliação (32 dias após a semeadura), segunda avaliação (47 dias após a semeadura) e na finalização do experimento (97 dias após a semeadura).

DAS	Lâminas (ETc)				
	21%	**29%**	**37%**	**45%**	**53%**
32	94	101	107	112	121
47	112	128	140	150	168
97	179	225	260	290	341

Durante a condução do experimento foram registrados volumes baixos de precipitação diária, todavia, no dia 21/10/2019 (97 dias após a semeadura) houve um índice de precipitação de 121,8 mm, resultando na finalização da irrigação, uma vez que estando próximo do término do experimento, a partir desse momento a irrigação não seria mais necessária aos tratamentos pelo elevado teor de umidade no solo proporcionado pela elevada precipitação (Figura 7).

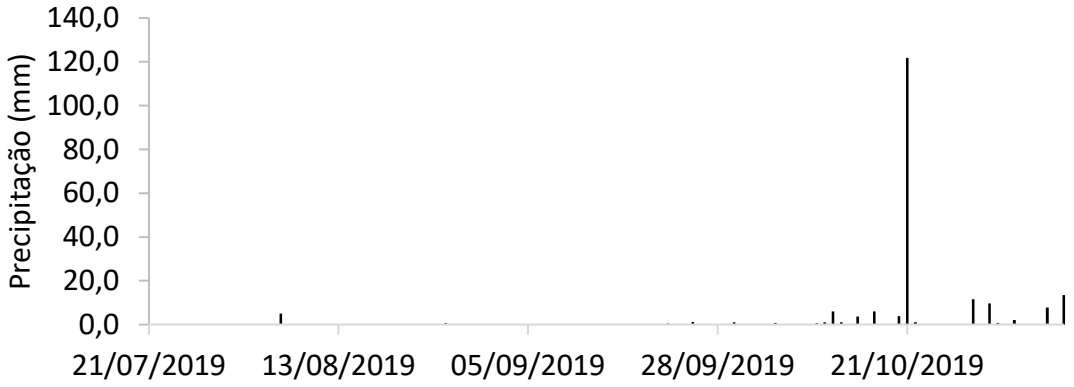

Figura 7. Volume precipitado durante os dias de condução do experimento.

O experimento foi finalizado no dia 08/11/2019 quando foram colhidas as últimas espiguetas de minimilho. No total, foram aplicados em cada tratamento, as lâminas de irrigação de 350, 395, 430, 460 e 511 mm de água, correspondentes aos tratamentos 21, 29, 37, 45 e 53% da ETc.

3.2.1. Determinação da Evapotranspiração de cultura (Etc) para o milho pela equação de Penman-Monteith

Para a determinação das ET_0 são necessárias algumas variáveis que foram previamente obtidas em uma estação meteorológica automática do INMET, referentes à estação A 907 de Rondonópolis, instalada na Universidade, que se localiza a 130 metros da área experimental. A estação meteorológica de superfície automática é composta de uma unidade de memória central ("data logger"), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que integra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora (INMET, 2019).

O roteiro de cálculo apresentado a seguir segue a premissa da disponibilidade das informações fornecidas pelas estações automáticas do INMET.

As variáveis fornecidas são temperatura, umidade e ponto de orvalho, estes com os valores máximos, médios e mínimos a cada hora, além dos valores horários de pressão, velocidade do vento, radiação e chuva.

As variáveis radiação solar e fluxo de calor no solo foram estimadas, visto que a estação meteorológica não fornece todas as informações necessárias para a utilização da equação. Os valores de radiação negativos não foram considerados e o fluxo de calor no solo estabelecido como 0, pois devido aos seus valores baixos recomenda-se que na ausência desses valores, os mesmos sejam desconsiderados (FAO 56, 2015).

Todos os cálculos e equações mencionados nos sub-tópicos a seguir foi feito pela FAO (FAO 56, 2015).

3.2.2. Pressão de saturação de vapor à temperatura do ar (e_s)

A pressão de saturação de vapor é dada pela média entre a pressão de saturação de vapor à temperatura máxima e mínima. Ambas são dadas pela equação 1.

$$e_s = 0{,}618 \times e^{\frac{(17{,}27 \times T)}{(T+237{,}3)}} \quad (1)$$

Onde:
e_s = pressão de saturação de vapor à temperatura do ar (KPa);
e = base do logaritmo natural;
T = Temperatura (°C).

3.2.3. Pressão atual de vapor (e_a)

A pressão de vapor é uma medida da tendência de evaporação da água. Quanto maior for a sua pressão de vapor, mais volátil ela será, e menor será sua temperatura de ebulição. É calculada através da equação 2.

$$e_a = \frac{e_s . UR}{100} \quad (2)$$

Onde:
e_a = pressão atual de vapor (KPa);
e_s = pressão de saturação de vapor à temperatura do ar (KPa);
UR = umidade relativa média do ar.

3.2.4. Saldo de radiação (Rn)

Para se determinar o saldo de radiação, foi feita a diferença do balanço de ondas longas e o balanço de ondas curtas, por meio da equação 3.

$$Rn = Rns - Rnl \quad (3)$$

Onde:
Rns = balanço de ondas curtas (MJm^{-2} dia^{-1});
Rnl = balanço de ondas longas (MJm^{-2} dia^{-1}).

No entanto para se obter esses valores foi necessário fazer alguns cálculos preliminares. Os cálculos de obtenção destas variáveis são dados a seguir.

O balanço de Ondas Curtas sobre determinada região influencia diretamente sobre os processos de aquecimento do solo e do ar, a fotossíntese,

a evaporação e a evapotranspiração (CUI et al., 2012; GUSMÃO et al., 2012). Para se obter o balanço de ondas curtas foi necessário aplicar a equação 4.

$$\mathrm{Rns} = (1 - \alpha)\mathrm{Rs} \tag{4}$$

α = o albedo, o coeficiente de reflexão da vegetação, igual a 0,23 para a cultura de referência (grama);

Rs = soma da radiação solar incidente durante todo o dia (MJm^{-2} dia^{-1}).

O balanço de ondas longa foi dado pela equação 5.

$$\mathrm{Rnl} = \sigma\left[\frac{\mathrm{Tmax}^4+\mathrm{Tmin}^4}{2}\right]\left(0{,}34 - 0{,}14\sqrt{\mathrm{e_a}}\right)\left(1{,}35\,\frac{\mathrm{Rs}}{\mathrm{Rso}} - 0{,}35\right) \tag{5}$$

Onde:

σ = constante de Stefan-Boltzmann 4, 903.10^{-9} (MJm^{-2} dia^{-1});

Tmax = Temperatura máxima em (°K);

Tmin = Temperatura mínima em (°K);

e_a = Pressão de vapor atual em (KPa);

Rso = radiação solar incidente na ausência de nuvens (MJm^{-2} dia^{-1}).

Radiação solar incidente na ausência de nuvens pode ser calculado através da equação 6:

$$\mathrm{Rso} = (0{,}75 + 2.10^{-5}.\mathrm{z}).\mathrm{Ra} \tag{6}$$

Onde:

z = altitude (m);

Ra = Radiação solar extraterrestre (MJm^{-2} dia^{-1}).

A radiação solar extraterrestre pode ser calculada para qualquer dia do ano e qualquer latitude através da constante solar, declinação solar e época do ano (Equação 7).

$$\mathrm{Ra} = \frac{118{,}08}{\pi}\mathrm{dr}[\omega_s sen(\varphi) sen(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\, sen(\omega_s)] \tag{7}$$

Onde:

dr = Inverso da distância relativa do sol (rad);

ωs = ângulo horário ao nascer do sol em (rad);

δ = declinação solar em (rad);

φ = latitude local em (rad).

Para saber qual a latitude local em radianos basta multiplicar o valor por π e dividir por 180. No local do experimento a latitude é de 16°27'47", que equivale a 51,72 radianos.

O inverso da distância relativa do sol foi dado pela equação 8.

$$\mathrm{dr} = 1 + 0{,}033\cos\left(\frac{2\pi}{365}\mathrm{J}\right) \tag{8}$$

Em que J é o dia do ano ou dia Juliano dado de 1 a 365 ou 366 para anos bissextos.

A declinação solar é dada pela equação 9.

$$\delta = 0{,}409\ \mathrm{sen}\left(\frac{2\pi}{365}\mathrm{J} - 1{,}39\right) \tag{9}$$

E o ângulo horário ao nascer do sol pela equação 10.

$$\omega\mathrm{s} = \frac{\pi}{2} - \arctan\left[\frac{-\tan(\varphi).\tan(\delta)}{X^{0,5}}\right] \tag{10}$$

Onde X é dado pela equação 11.

$$X = (1 - [\tan(\varphi)]^2.[\tan(\delta)]^2) \tag{11}$$

Quando X for menor ou igual a zero o valor utilizado é 0,00001.

3.2.5. Declividade da curva de pressão de saturação (Δ)

A declividade da curva de pressão de saturação foi calculada usando a temperatura média do ar (Equação 12).

$$\Delta = \frac{4098 \times \mathrm{es}}{(237{,}3+\mathrm{T})^2} \tag{12}$$

Onde:
Δ = Declividade da curva de de pressão de saturação (kPa °C^{-1});
es = pressão de saturação de vapor (kPa);
T = temperatura do ar (°C).

3.2.6. Constante psicométrica (γ)

A constante psicométrica foi calculada pela equação 13.

$$\gamma = \frac{\mathrm{cp} \times \mathrm{P}}{\varepsilon \times \lambda} \tag{13}$$

Onde:
γ = constante psicrométrica (kPa °C^{-1});
P = pressão atmosférica (kPa);
ε = calor latente de vaporização, 2,45 (MJ kg^{-1});
cp = calor específico a pressão constante, 1,013 x 10^{-3} (MJ kg-1 °C^{-1});
ʎ = coeficiente de peso molecular de vapor de agua /ar seco = 0,622.

Com esses dados foi calculada a ET_0 pela equação de Penman-Monteith (FAO) (Equação 14), que tem sido a mais recomendada para determinação de ET_0.

$$\mathrm{ETo} = \frac{0{,}408\Delta(\mathrm{Rn}-\mathrm{G}) + \gamma \frac{900}{(\mathrm{T}+273)} \mathrm{V2}\ (\mathrm{es}-\mathrm{ea})}{\Delta + \gamma\ (1+0{,}34\mathrm{V2})} \tag{14}$$

Onde:
G = fluxo de calor no solo (MJm^2 dia^{-1});
T = temperatura do ar a 2 m de altura (°C);
V_2 = velocidade de vento a 2 m de altura (m.s^{-1}).

3.2.7. Evapotranspiração de cultura (ETc)

O valor obtido para a ET_0 foi multiplicado pelo valor do coeficiente de cultura (Kc) do milho para determinar as lâminas de ETc utilizadas nos tratamentos (Equação 15).

$$ETc = ET_0 \times Kc \tag{15}$$

O Kc utilizado foi para o período de seca como mostrado anteriormente na figura 2. Cada estágio de desenvolvimento do milho apresenta um Kc determinado, que varia de acordo com as necessidades hídricas da planta e o clima da região.

Os valores de Etc foram calculados todos os dias conforme o estágio de desenvolvimento em que o milho se encontrava (Tabela 3) e a irrigação foi realizada diariamente.

Tabela 3 – Kc do milho de acordo com o estágio de desenvolvimento e dias após a emergência (DAE).

Fase	DAE	Kc
1	0 – 20	1
2	20 – 60	1,12
3	60 – 100	1,23
4	100 – 120	0,92

3.3. Sistema de irrigação

A mangueira utilizada para irrigação por gotejamento apresentava diâmetro de 16,20 mm, espaçamento de 20 cm entre gotejadores, vazão de 0,9 L h^{-1} e pressão de serviço mínima de 8 m.c.a. e máxima de 14 m.c.a.. A motobomba utilizada foi uma periférica de ½ cv de potência e pressão máxima de 28 m.c.a.

Como a motobomba e as fitas gotejadoras possuem pressões de trabalho diferentes, foi necessário a utilização de um regulador de pressão de 14 m.c.a. no início do sistema de irrigação.

Para se determinar a uniformidade de emissão de água das fitas gotejadoras foi utilizado o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). O CUC foi determinado por meio da equação de Christiansen (Equação 16) uma vez que o mesmo permite a obtenção de resultados bastante confiáveis (BISCARO, 2014).

$$\mathrm{CUC} = 100.\left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{qi}-\mathrm{qm})}{\mathrm{n.qm}}\right] \quad (16)$$

Onde:
CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);
qi = vazão de cada gotejador (L h^{-1});
qm = vazão média dos gotejadores (L h^{-1});
n = número de gotejadores.

A metodologia de determinação do CUC foi proposta por KELLER E KARMELI (1974), onde se obtém a vazão de quatro gotejadores das linhas de derivação, sendo eles o primeiro gotejador, os gotejadores posicionados a 1/3 e 2/3 do comprimento e o ultimo gotejador da linha de derivação. São selecionadas quatro linhas para se obter essas vazões, sendo elas também as linhas inicial e final e as linhas posicionadas a 1/3 e 2/3 do comprimento da linha lateral ou linha principal dependendo da configuração do sistema de irrigação, no caso deste trabalho as fitas gotejadoras estavam conectadas na linha lateral (Figura 8).

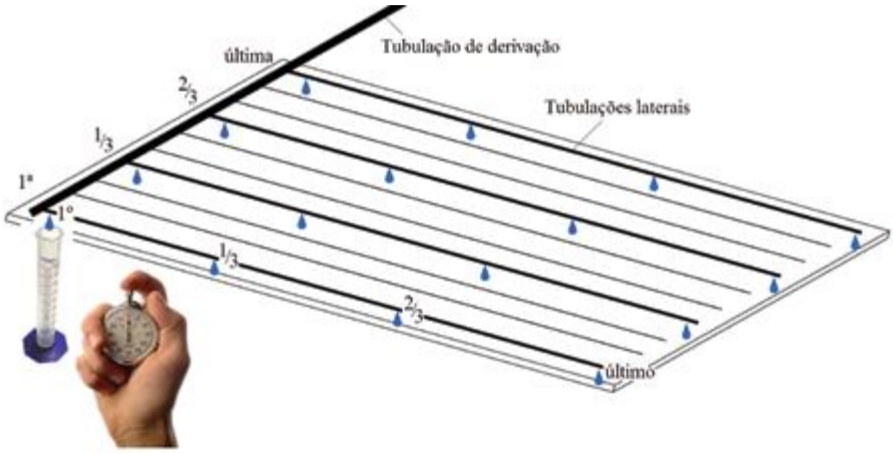

Figura 8. Obtenção de vazão pelo método proposto por Keller e Karmeli (1974). Fonte: BISCARO, 2014.

O CUC das fitas gotejadoras nesse experimento está dentro do padrão aceitável para sistemas de irrigação por gotejamento, com uma uniformidade de 90%.

3.3.1. Determinação do tempo de irrigação

A ETc calculada todos os dias foi multiplicada pela eficiência de aplicação do sistema de gotejamento (ef).

O coeficiente de ajuste (Ka) utilizado foi proposto por Biscaro (2014) para culturas com plantio adensado, como realizado nesse experimento, no qual o coeficiente de ajuste para uma porcentagem de área molhada foi superior a 65% sendo considerado o valor de ka igual a 1. Portanto, a lâmina de irrigação para o sistema de irrigação utilizado é dada pela equação 17.

$$\mathrm{Etc_{loc}} = \mathrm{Etc.\,ef.\,Ka} \tag{17}$$

O resultado obido foi adequado a cada tratamento de irrigação e em caso de precipitação seria subtraído da lâmina a ser aplicada.

Dessa forma o tempo de irrigação em minuto foi calculado por meio da equação 18.

$$\mathrm{T_{min}} = \frac{\mathrm{LB.Sc.Sf}}{\mathrm{q}} \tag{18}$$

Onde:
LB = lâmina bruta (mm);
Sc = espaçamento entre gotejadores (m);
Sf = espaçamento entre linhas (m);
q = vazão do gotejador (L h^{-1}).

Determinado o tempo de irrigação para cada lâmina, o sistema todo foi ligado simultaneamente e conforme foi atingindo o tempo necessário de aplicação, as linhas foram sendo desligadas. Dessa forma, ocorreu o aumento da pressão do sistema conforme as linhas foram sendo desligadas (Figura 9).

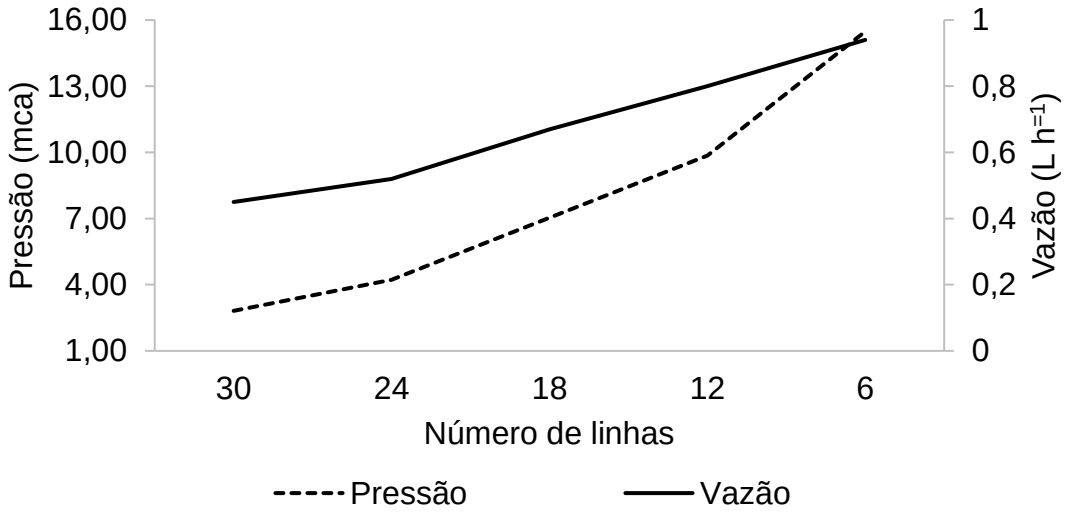

Figura 9. Relação entre vazão e pressão do sistema de irrigação.

Assim, foi necessário fazer a correção do tempo de irrigação conforme as linhas foram sendo desligadas, refazendo o cálculo para a nova vazão fornecida pelo sistema.

A média diária da ETc Loc durante a condução do experimento foi de 6,08 mm e a temperatura média foi de 26,9 °C. A maior temperatura média registrada foi de 32,0 °C referente ao dia 15/09/2019 e a menor temperatura média de 17,1 °C referente ao dia 25/07/2019. O maior valor para a ETc Loc foi de 10,11 mm e a mínima de 1,97 mm (Figura 10).

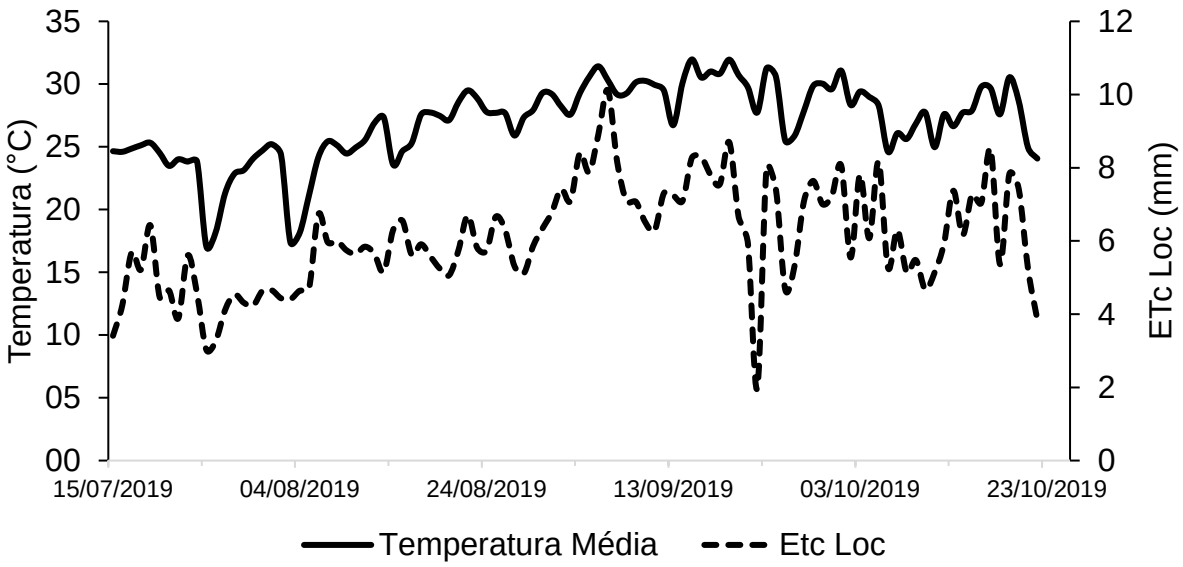

Figura 10. Temperatura e ETc Loc média diária durante o período de irrigação.

3.4. Cultivar utilizada

A cultivar de milho utilizada no experimento foi a VIPTERA 03 da Syngenta®, que se trata de uma semente com plantas de ciclo precoce e que possui precocidade com estabilidade, qualidade de grãos, boa tolerância a doenças foliares e colmo, ampla adaptação com estabilidade produtiva, baixo fator de reprodução de nematoides, proteção contra lagartas da folha, espiga e elasmo, excelente opção para silagem e resistente ao glifosato.

3.5. Colheita do minimilho

A colheita do minimilho teve início três dias após as primeiras espiguetas emitirem o estilo-estigma, iniciando-se no dia 21/09/2019 quando os primeiros tratamentos a serem colhidos possuíam 68 DAS e finalizando no dia 08/11/2019 com os últimos tratamentos com 116 dias após a semeadura (Tabela 4).

As colheitas foram realizadas a cada dois dias conforme as espiguetas atingiam o ponto ideal para o minimilho e se encerraram após a colheita da última espigueta de cada tratamento.

Após a realização da colheita, as espiguetas foram armazenadas em sacos plásticos para posteriormente serem avaliadas as características produtivas.

Tabela 4. Datas de início e finalização da colheita de cada tratamento com doses de nitrogênio e lâminas de irrigação com seus respectivos DAS inicial e final.

Nitrogênio (kg ha^{-1})	Data inicial	DAS inicial	Data final	DAS final
0	21/09/2019	68	08/11/2019	116
50	21/09/2019	68	08/11/2019	116
100	23/09/2019	70	08/11/2019	116
150	21/09/2019	68	08/11/2019	116
200	21/09/2019	68	08/11/2019	116
Lâminas de irrigação (ETc)				
21%	27/09/2019	74	08/11/2019	116
29%	30/09/2019	77	08/11/2019	116
37%	23/09/2019	70	08/11/2019	116
45%	21/09/2019	68	08/11/2019	116
53%	21/09/2019	68	02/11/2019	110

3.6. Variáveis analisadas

Foram analisados o desenvolvimento, crescimento e produção das plantas, sendo que as variáveis de desenvolvimento foram feitas aos 32 e 47 dais após a semeadura por meio de análises fitométricas não destrutivas. Estas datas foram escolhidas pois equivalem a 15 e 30 dias após a diferenciação das lâminas de irrigação, sendo que antes disso não seria possível analisar o efeito da irrigação nas características de desenvolvimento.

As variáveis de desenvolvimento analisadas foram altura de plantas, diâmetro de colmo, número de folhas que são variáveis importantes de se avaliar visto a função estrutural do nitrogênio na planta e índice de clorofila Falker que é um indicador da quantidade de nitrogênio que está retido na folha do milho. Todas as variáveis foram analisadas somente dentro da área útil parcela, utilizando 4 plantas aleatórias e fazendo uma média entre elas para se ter um valor em cada parcela.

Para medir a altura de plantas foi utilizada a folha mais alta, fazendo a medida do solo até o topo da folha. O diâmetro de caule foi medido na base da planta logo acima da ramificação da raiz. Para o número de folhas foram contabilizadas todas as folhas vivas, descartando as ressecadas ou mortas que se encontravam ligadas ao milho e as folhas em formação. Para a realização da medida do índice de clorofila foram utilizadas as duas primeiras folhas diagnosticas (+1 e +2) de cada planta e utilizado o aparelho medidor de clorofila Falker. Na figura 11 podem ser observadas as medidas de índice de clorofila e diâmetro de caule.

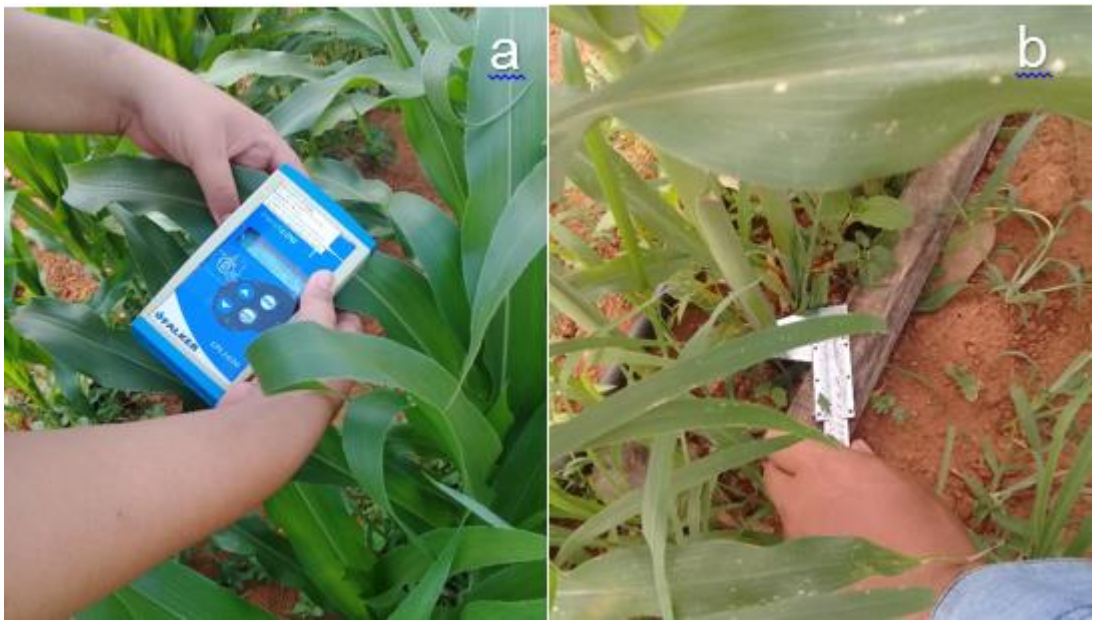

Figura 11. Medida de Índice de Clorofila (a) e Diâmetro de Caule (b) realizadas aos 32 DAS.

Após o início da colheita, as análises fitométricas não foram mais realizadas e passou a ser avaliada somente as características produtivas de cada tratamento.

Todas as espiguetas colhidas foram imediatamente identificadas, colocadas em sacos plásticos, transportadas para um freezer e mantidas com temperatura entre 5 e 7 °C até o momento das avaliações, onde pelas medidas foram determinadas as espiguetas comerciais e não comerciais.

Após a colheita das espiguetas, foram avaliadas as medidas de diâmetro, comprimento e massa fresca, todas elas com e sem palhada. Para a determinação das espiguetas comerciais eram selecionadas apenas as que possuíam diâmetro entre 1 e 2 cm e comprimento entre 4 e 14 cm, ambos sem palhada.

Na figura 12 podem ser observadas as medidas de diâmetro de espiguetas durante a análise dos tratamentos.

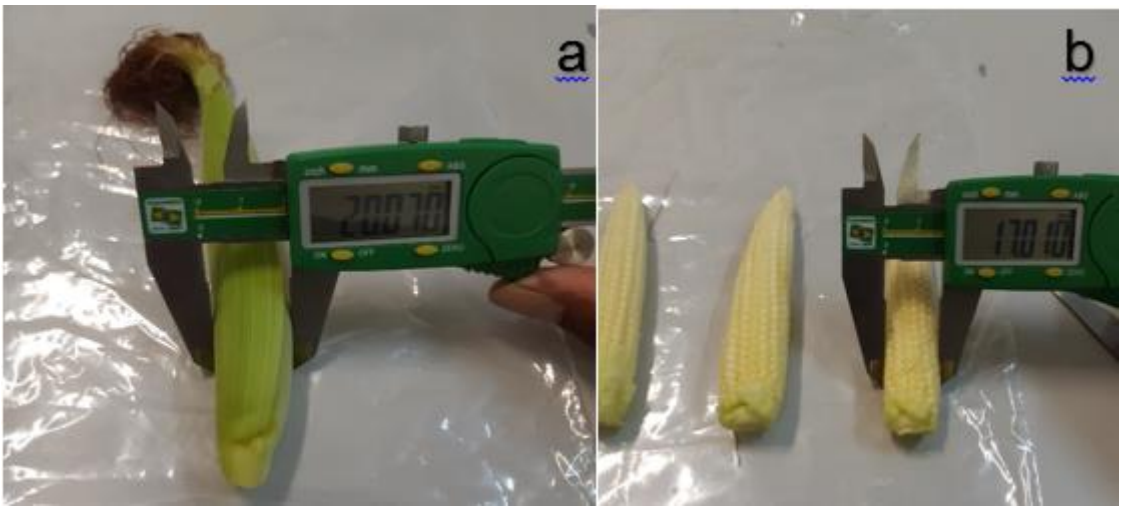

Figura 12. Medidas de diâmetro de espigas em espiguetas com palhada (a) e (b) sem palhada.

A produtividade foi calculada fazendo uma projeção do que cada tratamento produziria em um hectare e dada em t ha^{-1} e a média de espiguetas por planta foi dada pela razão entre número de espiguetas colhidas em cada parcela pelo número de plantas existentes na parcela útil.

A eficiência de uso da água foi determinada por meio da relação entre a produção em Kg e quantidade de água utilizada em L.

A análise estatística dos dados foi rodada no software Sisvar®.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises de desenvolvimento de plantas: altura de plantas, diâmetro de caule, número de folhas e índice de clorofila.

4.1.1. Análises realizadas aos 32 dias após a semeadura

As análises de desenvolvimento das plantas realizadas aos 32 dias após a semeadura não apresentaram interação significativa para as variáveis, todavia foi obtido efeito isolado do nitrogênio à 1% de significância para altura de plantas, diâmetro de caule e índice de clorofila. Para o diâmetro de caule também houve efeito isolado para as lâminas de irrigação e para o número de folhas não houve efeito significativo para nenhum dos fatores. Foi encontrado também efeito de blocos em todas as variáveis analisadas conforme pode ser observado na tabela 5.

Tabela 5. Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis Altura de Plantas (AP), Número de Folhas (NF), Diâmetro de Caule (DC) e Índice de Clorofila (IC) realizadas aos 32 dias após a semeadura.

Fontes de variação	GL	Soma de quadrados			
		AP	NF	DC	IC
Blocos	3	2040,1 **	5,2 **	50,3 **	290,9 **
Lâminas	4	1429,9 ns	6,3 ns	142,8 *	193,3 ns
Res (a)	12	2567,9	14,3	143,1	427,6
Parcela	19	6037,9	25,7	336,2	911,8
Nitrogênio	4	736,7 **	0,6 ns	77,6 **	347,6 **
Interação	16	341,7 ns	6,2 ns	80,0 ns	305,9 ns
Res (b)	60	2082,6	24,4	230,5	1095,7
Total	99	9198,9	57,0	724,3	2661,1
CV		8,09%	5,41%	11,73%	5,45%

ns não-significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Para as variáveis analisadas aos 32 dias após a semeadura e com efeito significativo, houve ajuste ao modelo quadrático de regressão, com exceção do índice de clorofila que se ajustou ao modelo linear crescente de regressão. Os maiores valores obtidos para altura de plantas, diâmetro de caule e índice de clorofila foram para as doses de 164, 178 e 200 kg ha^{-1} de nitrogênio, respectivamente, com os valores para altura de plantas de 65,51 cm, diâmetro de caule de 15,62 mm e índice de clorofila de 57,00 (Figura 13).

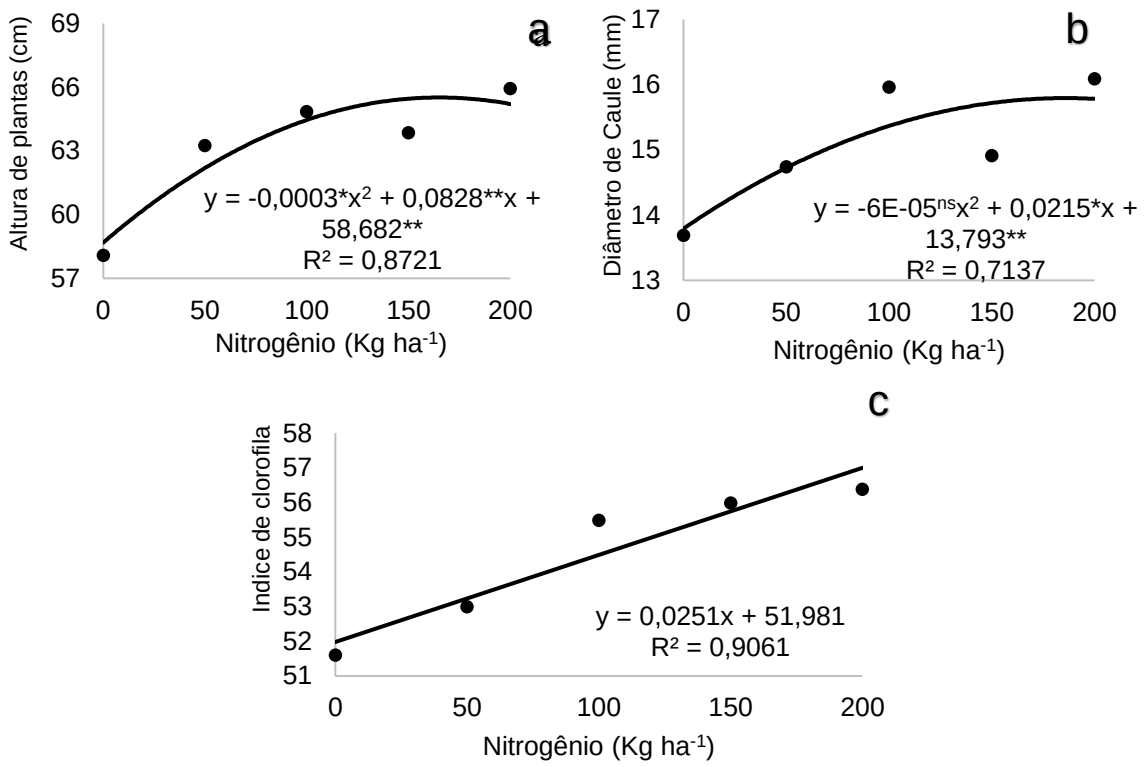

Figura 13. Doses de nitrogênio para as variáveis altura de plantas de minimilho (a), diâmetro de Caule (b) e índice de clorofila (c) aos 32 dias após a semeadura. ^{ns} não-significativo;*** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

O milho é muito influenciado pelo nitrogênio principalmente nas fases iniciais de seu desenvolvimento. No entanto, Guimarães et al. (2019) ao realizarem um estudo conduzido em casa de vegetação com adubação nitrogenada no milho aos 15, 30 e 45 dias após a semeadura, encontraram efeito aos 30 e 45 dias após a semeadura, mas não obteve efeito aos 15 dias após a semeadura, pois segundo o mesmo e como mencionado por Taner (1982) o milho apresenta uma reserva de nitrogênio que supre seu desenvolvimento nas primeiras fases do seu ciclo.

Para a altura de plantas aos 30 dias após a semeadura Guimarães et al. (2019) obtiveram valor de 97 cm de altura de planta para a dose de nitrogênio em 600 Kg ha^{-1} em experimento conduzido em casa de vegetação, que corresponde a 300 Kg ha^{-1} de nitrogênio em campo, sendo superior aos valores obtidos neste experimento, que foram de 65,51 cm de altura de planta aos 32 dias após a semeadura para uma dose de 164,48 Kg ha^{-1} (Figura 13 a). A explicação para esse resultado pode ser a constatação feita por Singh et al. (2019), que verificaram que a dose ideal de nitrogênio para o minimilho varia de acordo com as condições edafoclimáticas e de sazonalidade.

O maior diâmetro de caule foi de 15,62 mm, obtido com a dose de 178,38 kg ha^{-1} de nitrogênio (Figura 13 b), indicando um efeito positivo no uso de nitrogênio, assim como mostrado por Kappes et al. (2013) que obtiveram um

ajuste linear do diâmetro de caule sob efeito das doses de nitrogênio, mas não corroboraram aos encontrados por Vettorazzi et al. (2018) que não obtiveram efeito significativo do nitrogênio sobre o diâmetro de caule.

Para o índice de clorofila foliar, houve ajuste ao modelo linear crescente de regressão com a melhor dose em 200 kg ha^{-1} de nitrogênio com um índice de clorofila de 57,00 (Figura 13 c). Kappes et al. (2014) também verificaram efeito significativo para o índice de clorofila foliar, entretanto os autores obtiveram um ajuste ao modelo linear de regressão.

Para a variável diâmetro de caule, houve ajuste ao modelo quadrático de regressão, com efeito isolado das lâminas de irrigação aos 32 dias após a semeadura, sendo que a lâmina que apresentou o melhor resultado foi de 45% da ETc, com um diâmetro de caule de 16,15 mm (Figura 14).

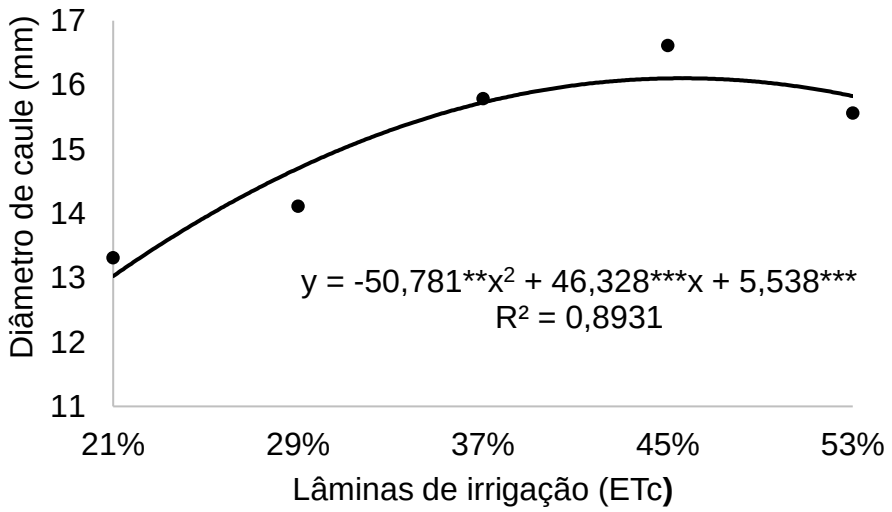

Figura 14. Relação entre as lâminas de irrigação e diâmetro de caule aos 32 dias após a semeadura. *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Uma possível resposta para não haver efeito das lâminas de irrigação com as demais variáveis nos primeiros 32 dias de desenvolvimento do minimilho foi devido ao intervalo menor entre a diferenciação dos tratamentos e as análises realizadas, uma vez que estas foram realizadas em um intervalo de apenas 15 dias, enquanto que os tratamentos com nitrogênio se iniciaram 32 dias antes, na semeadura.

4.1.2. Análises realizadas aos 47 dias após a semeadura

Aos 47 dias após a semeadura não foi observado interação entre as lâminas de irrigação e o nitrogênio para nenhuma das variáveis analisadas, no entanto foi encontrado efeito isolado das lâminas de irrigação a 1% de significância para altura de plantas e número de folhas, enquanto que para o

nitrogênio foi encontrado efeito significativo também à 1% de significância para altura de plantas, diâmetro de caule e índice de clorofila. Foi encontrado efeitos de blocos à 1% de significância para altura de plantas, número de folhas e índice de clorofila, enquanto que para diâmetro de caule não foi encontrado efeito significativo (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis Altura de Plantas (AP), Número de Folhas (NF), Diâmetro de Caule (DC) e Índice de Clorofila (IC) realizadas aos 47 dias após a semeadura.

Fontes de Variação	GL	Soma de quadrados							
		AP		NF		DC		IC	
Blocos	3	1068,2	**	11,7	**	13,1	ns	279,5	**
Lâminas	4	18459,3	**	40,4	**	33,1	ns	345,9	ns
Res (a)	12	6256,8		26,4		141,6		724,0	
Parcela	19	25784,2		78,4		187,8		1349,5	
Nitrogênio	4	1668,0	**	3,7	ns	48,1	**	187,7	**
Interação	16	1024,8	ns	7,5	ns	42,5	ns	283,7	ns
Res (b)	60	3706,4		38,3		191,0		687,3	
Total	99	32183,4		127,9		469,4		2508,1	
CV		13,19%		8,85%		6,58%		6,05%	

ns não-significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Em todas as variáveis analisadas em que foi obtido efeito significativo aos 47 dias após a semeadura foi observado ajuste ao modelo quadrático de regressão, com exceção do índice de clorofila para o fator nitrogênio, onde foi encontrado ajuste ao modelo linear crescente de regressão. Na figura 15 pode ser observado a relação entre as lâminas de irrigação e número de folhas e altura de plantas.

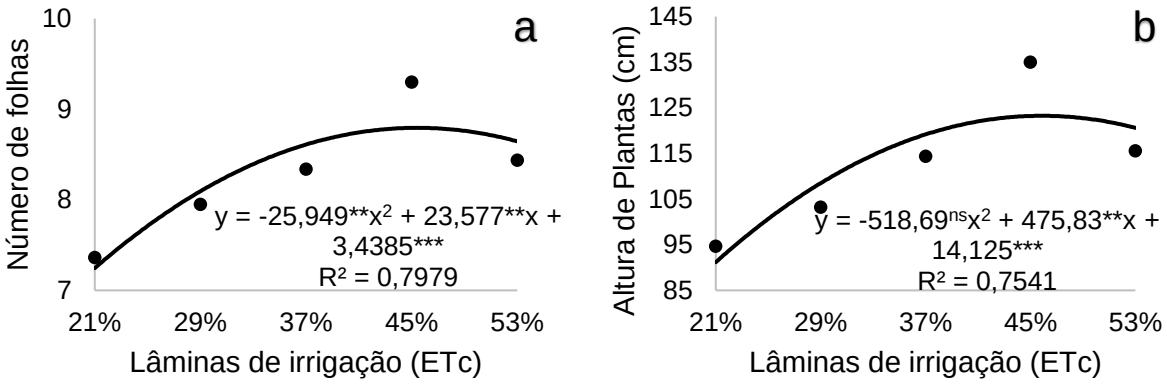

Figura 15. Relação entre lâminas de irrigação e número de folhas (a) e altura de plantas (b) aos 47 dias após a semeadura. ns não-significativo;*** significativo a

0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

O maior valor de lâmina de irrigação obtido para as variáveis número de folhas e altura de plantas foi de 45% da ETc, sendo determinado os valores de 9 folhas por planta (Figura 15 a) e 122 cm para a altura de plantas (Figura 15 b), ao nivel de 1% de significância, com ajuste ao modelo quadrático de regressão.

A lâmina de irrigação promoveu um desenvolvimento de 0,2112 cm de altura de planta por mm de água aplicada, sendo esse resultado mais elevado que os obtidos por Ávila et al. (2011) que nos estudos sobre o desenvolvimento do milho irrigado, chegaram ao resultado de que o milho cresceu 0,094 cm por mm de água aplicado. Uma possibilidade para a diferença nos resultados pode ser o clima da região que é classificado como mesotérmico úmido e a densidade de cultivo, uma vez que a densidade utilizada no presente experimento foi 3 vezes maior que a do experimento citado, favorecendo o crescimento das plantas.

Para o nitrogênio foi encontrado efeito significativo a 1% de significância para altura de plantas e diâmetro de caule, com ajuste ao modelo quadrático de regressão (Figura 16). Para a variável índice de clorofila também foi encontrado efeito significativo a 1% de significância, mas com ajuste ao modelo linear crescente de regressão. Não foi obtido efeito isolado das doses de nitrogênio para a variável NF.

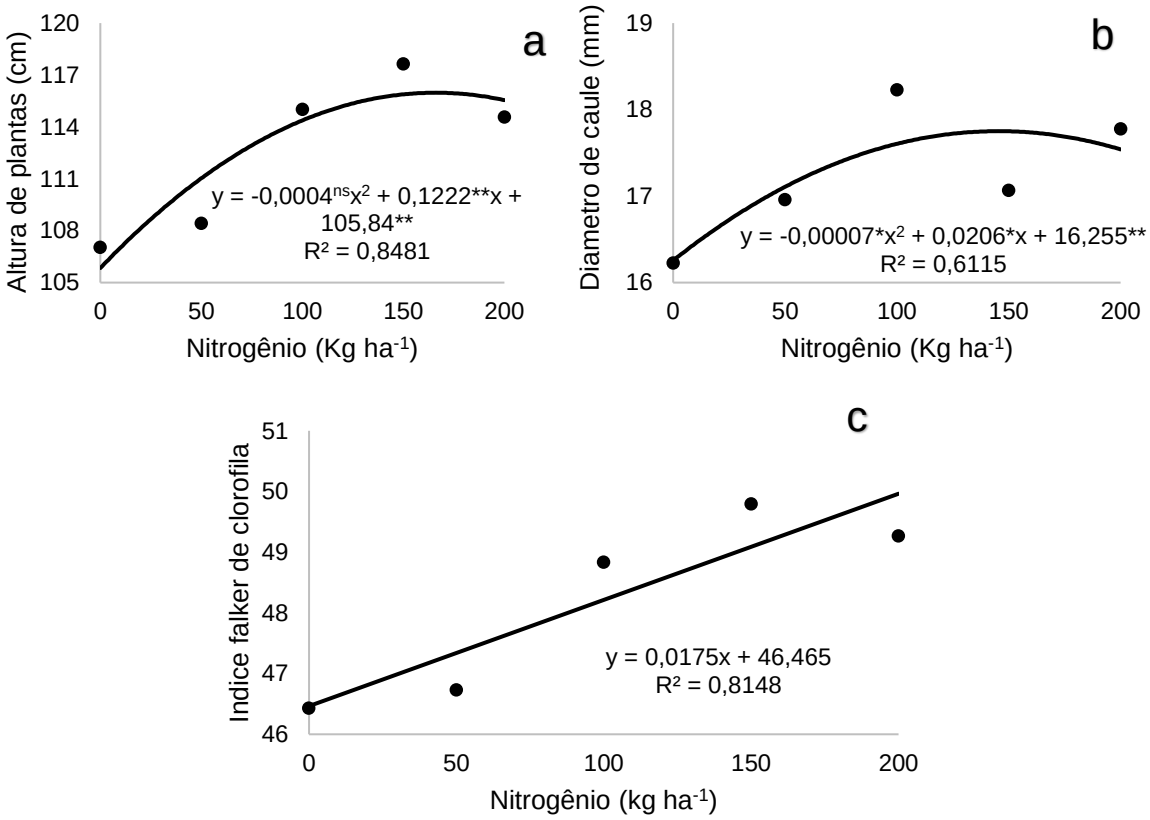

Figura 16. Relação entre doses de nitrogênio e altura de plantas (a), diâmetro de caule (b) e Índice Falker de clorofila (c) aos 47 dias após a semeadura. ^{ns} não-

significativo;*** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Aos 47 dias após a semeadura, a altura de plantas obtida nesse experimento foi maior do que aos 105 cm obtido para a dose de nitrogênio de 600 Kg ha^{-1} (Figura 16a) encontrado por Guimarães et al. (2019) em casa de vegetação, sendo obtido o valor de altura de planta de 115 cm, com uma dose ideal de 153 Kg ha^{-1}. Esses resultados corroboram com os obtidos por Souza (2017), no qual observou efeito positivo do nitrogênio sobre a altura de plantas e com os dados de Barros (2019) que obteve a melhor dose de nitrogênio de 150 Kg ha^{-1} no qual proporcionou as maiores alturas de plantas, mas, no entanto, as avaliações foram realizadas aos 82 dias após a semeadura, com uma altura máxima de 235 cm.

Para o diâmetro de caule aos 32 dias após a semeadura (Figura 16b), o crescimento médio foi de 0,00942 mm e aos 47 dias após a semeadura foi de 0,007654 mm para cada Kg de nitrogênio aplicado por hectare, resultados inferiores aos encontrados por Oliveira et al. (2009) e Dos Santos et al. (2014) que avaliaram o efeito do nitrogênio no desenvolvimento do minimilho, e chegaram a valores de 0,0455 e 0,04247 mm ,respectivamente.

Golada et al. (2017) avaliando o efeito de nitrogênio na produção de minimilho encontrou em todas as fases a dose de 120 kg ha^{-1} de nitrogênio para promover os maiores índices de clorofila foliar, sendo que estes resultados não corroboram com a dose de 200 kg ha^{-1} de nitrogênio encontrada neste estudo (Figura 16 c).

O maior valor para diâmetro de caule foi encontrado para a dose de 147 kg ha^{-1} com um valor de 17,77 mm indicando que valores altos de nitrogênio promovem o desenvolvimento vegetativo do milho, assim como observado por Olaiya et al. (2020) que encontrou os maiores valores para diâmetro de caule com a dose de 90 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Os valores das doses ideais de nitrogênio encontradas nesse experimento estão de acordo com o recomendado para a cultura por Lopez & Guilherme (1994), próximos de 150 Kg ha^{-1} e são os mesmos valores encontrados por Kumar et al. (2016), onde avaliaram o desempenho do nitrogênio no desenvolvimento inicial do minimilho, em condições climáticas semelhantes às deste estudo.

4.2. Média de espiguetas totais e comerciais por planta

Para a variável número de espiguetas por planta não houve interação entre os fatores do tratamento, mas foi encontrado efeito isolado das lâminas de irrigação para média de espiguetas totais e comerciais e efeito isolado do nitrogênio para média de espiguetas totais (tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis número de espiguetas totais e comerciais.

FV	GL	Soma dos quadrados			
		Total		Comercial	
Blocos	3	3,3179	*	0,7483	ns
Lâminas	4	8,472	*	12,057	*
Res(a)	12	5,4216		5,6222	
Parcela	19	17,2115		18,4275	
Nitrogênio	4	1,745	**	1,006	ns
Interação	16	1,558	ns	0,977	ns
Res (b)	60	8,633		6,877	
Total	99	29,1475		27,2875	
CV		26,43%		41,34%	

ns não-significativo;*** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Para as doses de N houve efeito a 1% de significância para média de espiguetas totais por planta, obtendo ajuste ao modelo linear de regressão e R^2 de 82,81% (figura 17), indicando que no presente estudo, para as doses de nitrogênio aplicadas, quanto maior a quantidade, maior o número de espiguetas obtidas. No entanto, não foi encontrado efeito significativo no número de espigas comerciais por planta.

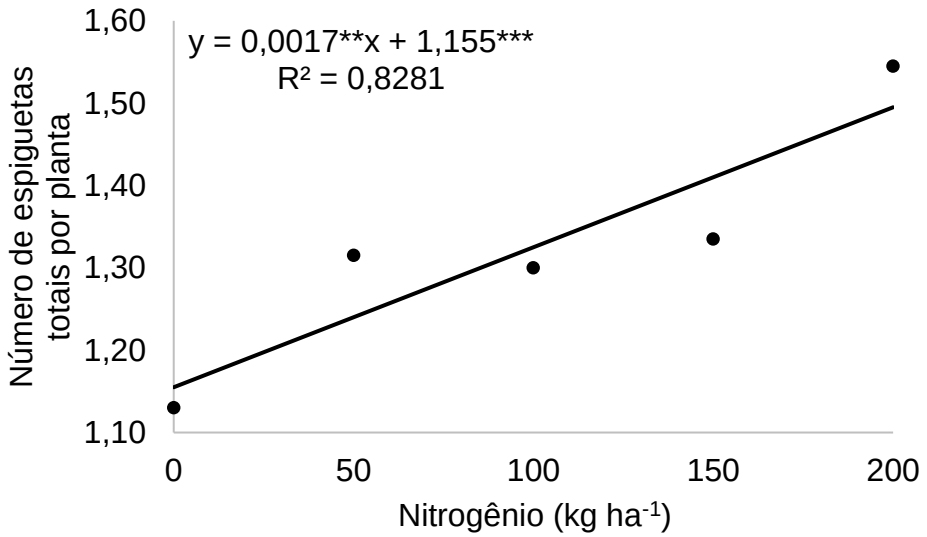

Figura 17. Relação entre número de espiguetas totais por planta e doses de nitrogênio. *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Dos Santos et al. (2014) estudando a aplicação de nitrogênio em milho destinado a produção de minimilho com uma densidade de 15 plantas por metro linear na safra verão, obteve o melhor resultado com uma dose de 58 Kg ha^{-1} de

nitrogênio e um total de 158,6 espiguetas comerciais em cada parcela de 27 m², resultando em 0,3 espiguetas comerciais por planta. Estes resultados não corroboram com os encontrados neste estudo, onde não foi encontrado efeito significativo para a média de espiguetas comerciais, sendo que para a média total de espiguetas o modelo linear de regressão demonstra que com o aumento das doses de nitrogênio houve o aumento do número de espiguetas com o valor máximo encontrado de 1,55 espiguetas por planta na maior dose de nitrogênio aplicada de 200 kg ha^{-1} (Tabela 8).

Tabela 8. Número médio de espiguetas por planta total, comercial e não comerciais conforme a dose de N aplicada.

Nitrogênio (kg ha^{-1})	**Número de espigas por planta**		
	Total	**Comerciais**	**Não-comerciais**
0	1,13	0,76	0,37
50	1,32	0,89	0,43
100	1,30	0,97	0,33
150	1,34	0,94	0,40
200	1,55	1,07	0,48
CV	11,15%	12,12%	14,17%

Em estudo realizado por Bastiani et al. (2012), os autores verificaram uma tendência de aumento da produção do minimilho com doses maiores de N, onde o nitrogênio em associação a métodos de controle de ervas daninhas produziram resultados melhores nas doses de 150 Kg ha^{-1} e 200 Kg ha^{-1} para controle por meio de capina e herbicida, respectivamente. Dessa forma, corroboram os resultados do presente estudo onde a melhor dose foi a de 200 Kg ha^{-1}, pois neste, o método de controle de ervas daninhas foi com a utilização de herbicida.

Considerando os tratamentos com lâminas de irrigação (Tabela 9), os melhores resultados encontrados foram para a L4 com média total de espiguetas de 1,74 por planta e para a L5 foi obtido 1,35 espiguetas comerciais, sendo que a menor média de espiguetas não comerciais foi de 0,21 por planta. Pode ser observado na Tabela 9 que a L2 proporcionou os menores valores para a média de espiguetas por planta comerciais e de espiguetas totais, sendo obtido nessa lâmina o maior valor médio de espiguetas não comerciais.

Tabela 9. Número médio de espiguetas por planta total, comercial e não comercial conforme a lâmina aplicada.

Lâmina	Média de espiguetas por planta		
	Total	**Comerciais**	**Não-comerciais**
L1	1,01	0,61	0,41
L2	1,00	0,51	0,50
L3	1,33	0,87	0,47
L4	1,74	1,31	0,43
L5	1,55	1,34	0,21
CV	24,56%	41,97%	27,95%

Na Figura 18 pode ser observado um crescimento linear para o número de espiguetas totais e comerciais por planta a partir das lâminas de irrigação contribuindo positivamente para o aumento da produção.

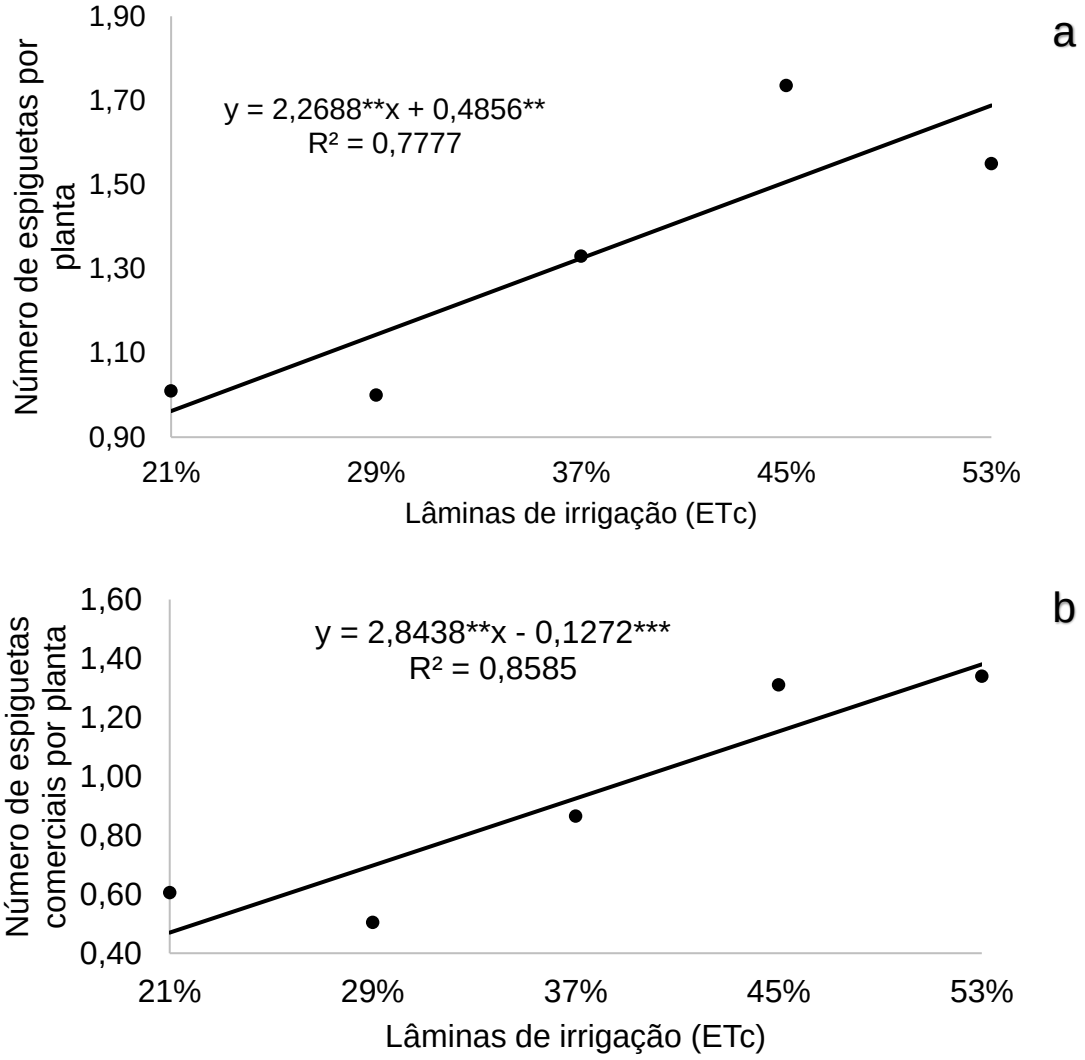

Figura 18. Relação entre lâminas de irrigação e número de espiguetas por planta (a) e número de espiguetas comerciais por planta (b). *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Nascimento (2013), estudando o efeito de lâminas de irrigação nas características produtivas do milho verde obteve aumento linear no número de espigas em função do aumento da lâmina aplicada. No entanto, esses resultados não corroboram com Dutta et al. (2015) que avaliando a cultura do minimilho encontraram o maior número de espiguetas por planta quando foi aplicado a lâmina de 200 mm, que foi equivalente a 100% da ETc, tendo um decréscimo após essa lâmina.

Dantas Junior et al. (2016) encontraram uma variação de 64,05 a 95,86% de espiguetas comerciais entre as lâminas de 132 e 528 mm. Estes resultados coincidem em parte com os apresentados neste estudo, pois o maior percentual de espiguetas comerciais encontrado foi de 86,45% com a lâmina de 511 mm de água, enquanto que o menor percentual foi de 51% com a lâmina de 395 mm de água.

4.3. Dados fitométricos da produção

Assim como nas demais variáveis, não houve interação entre as variáveis avaliadas, no entanto foi encontrado efeito isolado para as lâminas de irrigação para diâmetro de espigueta com palhada, comprimento de espigueta com palhada e massa de espigueta com palhada das espiguetas ao nível de 1% de significância. Para o nitrogênio foi encontrado efeito isolado para a média de espiguetas com palhada ao nível de 5% de significância (Tabela 10).

Tabela 10: Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis Diâmetro com palhada (DECP), Comprimento Com Palhada (CECP) e Massa Com Palhada (MECP) na ocasião da colheita.

FV	GL	DECP		CECP		MECP	
Blocos	3	30,8	*	32,5	**	1235,3	**
Lâminas	4	219,3	**	60,6	**	2807,5	**
Res(a)	12	55,9		39,0		1027,2	
Parcela	19	306,0		132,1		5070,0	
Nitrogênio	4	23,3	ns	0,9	ns	516,0	*
Interação	16	22,8	ns	12,5	ns	619,1	ns
Res (b)	60	157,1		42,0		2472,4	
Total	99	509,1		187,6		8677,5	
CV		5,72%		5,24%		13,07%	

ns não-significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Para diâmetro da espigueta com palhada houve ajuste ao modelo linear de regressão decrescente (Figura 19), no qual verificou-se que com o aumento da lâmina de irrigação os diâmetros das espiguetas diminuíram significativamente, consequentemente produzindo espiguetas com um diâmetro

máximo de 22mm, conforme obtido por meio da derivação da equação do ajuste ao modelo linear de regressão.

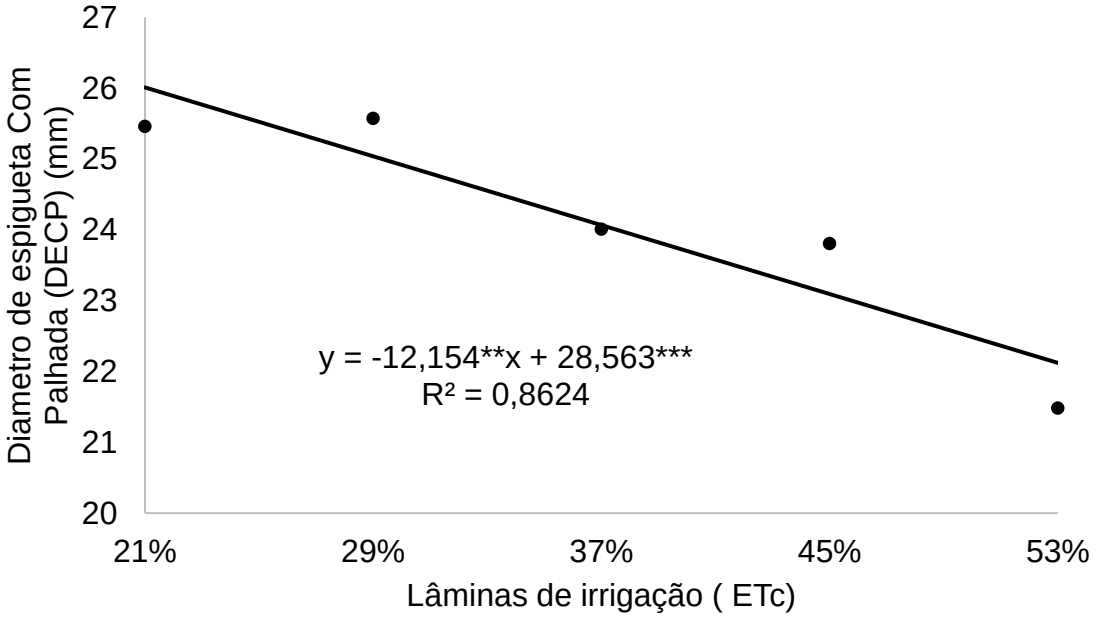

Figura 19. Relação entre lâminas de irrigação e Diâmetro Com Palhada (DECP) das espiguetas. *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade.

Barman et al. (2015) avaliando quatro lâminas de irrigação (sem irrigação, 50%, 75% e 100% da ETc) encontraram o melhor resultado para a maior lâmina aplicada com um diâmetro de espigueta com palhada de 21,48 mm, assim como Silveira et al. (2015) que avaliaram quatro tensões de água no solo (30, 50, 70 e 150 kPa) e obtiveram os melhores resultados de diâmetro de espiguetas com palhada no tratamento com 30 kPa, ou seja, o tratamento com maior disponibilidade de água no solo, não corroborando com os resultados dessa pesquisa, onde os maiores diâmetros (26,01 mm) foram obtidos para as menores lâminas de irrigação (21% da ETc). enquanto que Santos et al. (2014) não encontraram efeito significativo das lâminas de irrigação no diâmetro de espiguetas com palhada.

O Comprimento das Espiguetas Com Palhada (figura 20) proporcionou uma equação decrescente por meio do ajuste ao modelo linear de regressão, no qual para a maior lâmina de irrigação (53% da ETc) foram obtidos os menores comprimentos com palhada com 16 cm.

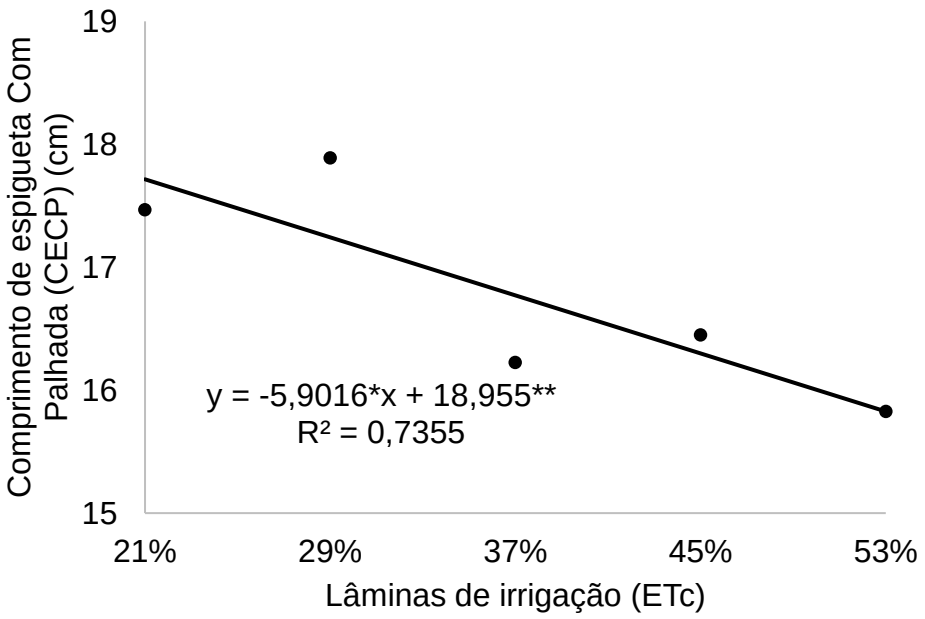

Figura 20. Relação entre lâminas de irrigação e Comprimento das Espiguetas Com Palhada (CECP). ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos corroboram com os resultados encontrados por Santos et al. (2014), onde os autores verificaram que nas maiores lâminas de irrigação o comprimento de espiguetas ficou dentro do padrão comercial em sua maior parte.

Em função das variáveis diâmetro de espigueta com palhada e comprimento de espigueta com palhada apresentarem resultados decrescentes, a variável Massa Com Palhada das espiguetas também se ajustou ao modelo linear de regressão gerando uma equação decrescente em relação as lâminas de irrigação. A mesma tendência foi obtida para o nitrogênio em relação à massa de espiguetas com palhada (Figura 21), no entanto, não foi encontrado efeito significativo para o nitrogênio nas variáveis diâmetro de espigueta com palhada e comprimento de espigueta com palhada.

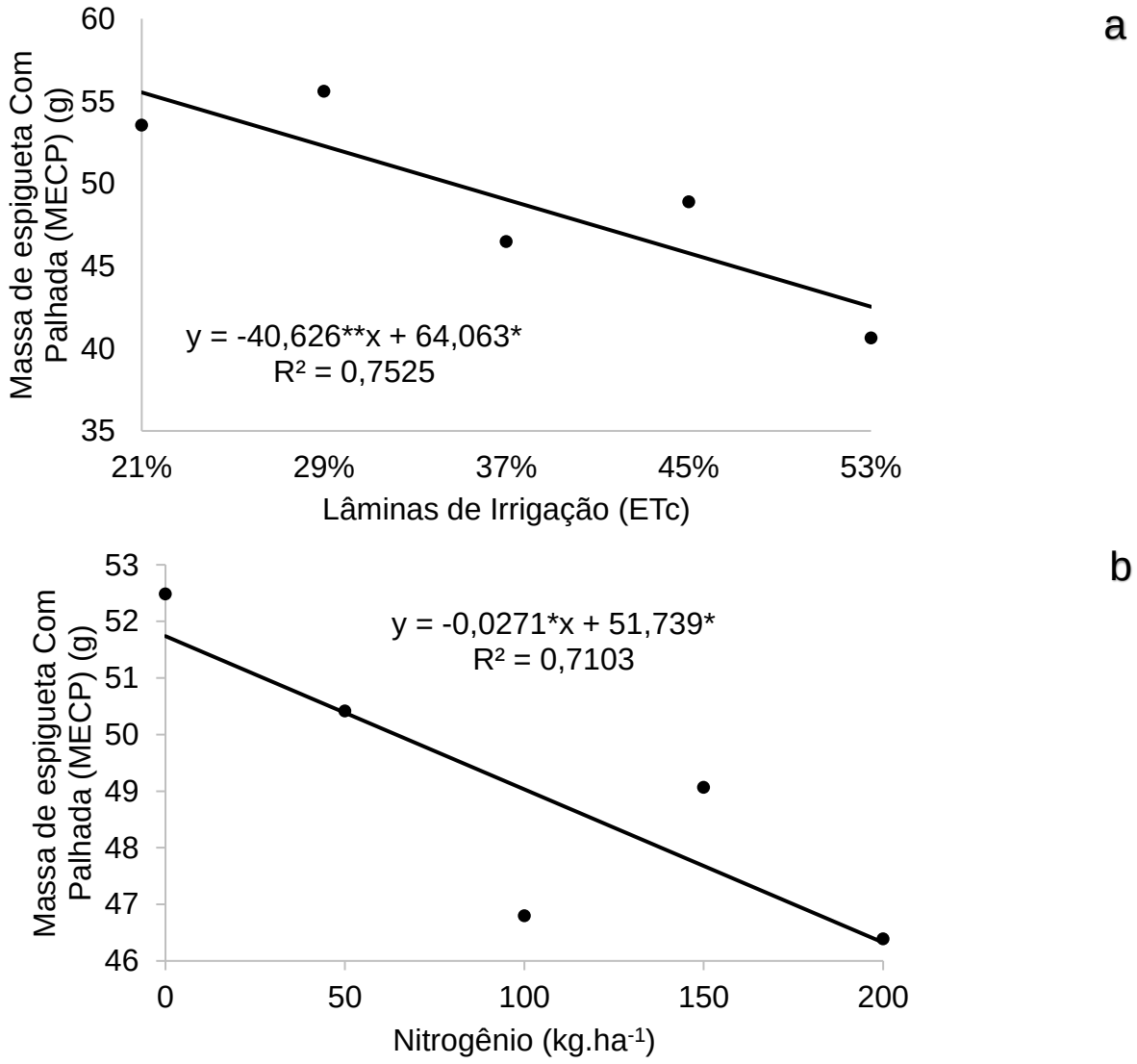

Figura 21. Relação entre lâminas de irrigação e Massa de espiguetas Com Palhada (MECP) (a) e relação entre nitrogênio e Massa das Espiguetas Com Palhada (b). ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Souza et al. (2016) avaliando espigas para milho-doce, observaram efeito quadrático das lâminas de irrigação na massa de espiguetas com palhada obtendo melhores resultados na lâmina de 87,8% da ETc, com valor máximo de 244g. A variação nos resultados dos autores e dessa pesquisa pode estar relacionada a diferença de tempo de colheita e em relação as lâminas de irrigação, onde os mesmos avaliaram lâminas maiores que as presentes nesse estudo. Para doses de nitrogênio, Souza et al. (2016) não encontraram efeito significativo sobre a MECP.

Para as variáveis Diâmetro de espigueta Sem Palhada, Comprimento de espigueta Sem Palhada, Massa de espigueta Sem Palhada e Massa Da Palhada das espiguetas, não foi encontrado interação entre os fatores, no entanto foi

obtido efeito isolado apenas das lâminas de irrigação para a variável DESP (tabela 11).

Tabela 11: Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis Diâmetro sem palhada (DESP), Comprimento Sem Palhada (CESP), Massa Sem Palhada (MESP) e Massa da Palhada (MP) na ocasião da colheita.

		Soma de quadrados					
FV	**GL**	**DESP**		**CESP**		**MESP**	
Blocos	3	24,5	*	16,2	**	628,1	**
Lâminas	4	55,9	**	13,9	ns	120,4	ns
Res(a)	12	23,1		28,2		669,0	
Parcela	19	103,5		58,4		1417,5	
Nitrogênio	4	13,5	ns	3,3	ns	295,7	ns
Interação	16	30,1	ns	10,1	ns	255,9	ns
Res (b)	60	152,2		52,4		1988,5	
Total	99	299,3		124,1		3957,5	
CV		5,28%		4,97%		9,03%	

ns não-significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Na figura 22 pode ser observado que o diâmetro de espigueta sem palhada ajustou-se ao modelo linear de regressão, com tendência linear decrescente, no qual pode ser observado uma diminuição do diâmetro de espiguetas sem palhada com o aumento da lâmina de irrigação, havendo uma porcentagem maior no número de espiguetas para o padrão comercial (86,45%) na lâmina de irrigação de 53% da ETc.

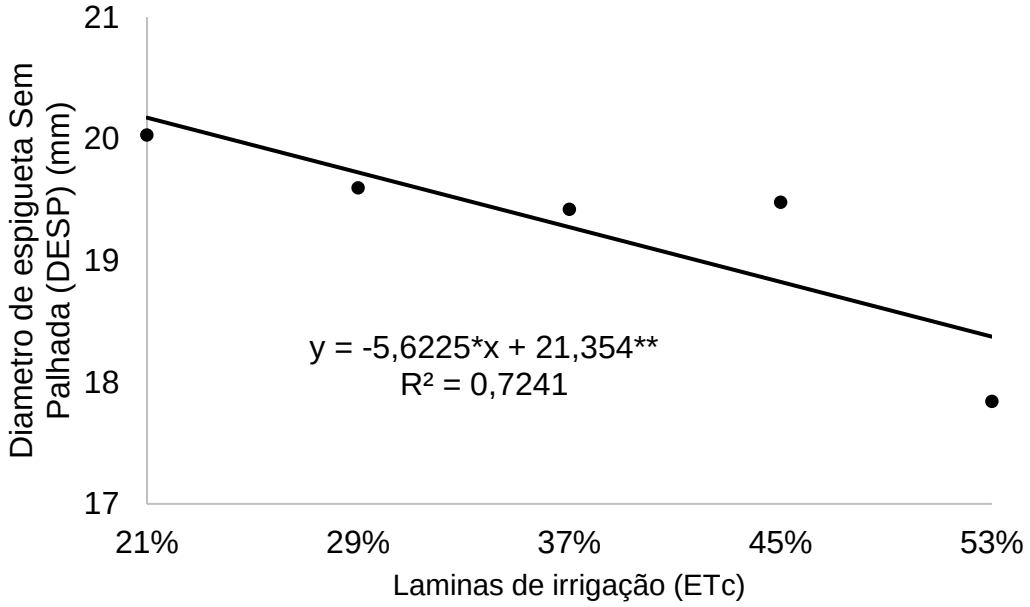

Figura 22. Relação entre lâminas de irrigação e Diâmetro das Espiguetas Sem Palhada (DESP). ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Os resultados encontrados para o diâmetro de espiguetas diferem dos encontrados por Barman et al. (2015), onde observaram valores crescentes de diâmetro de espiguetas para as lâminas de irrigação, encontrando o melhor resultado para a lâmina de 100% da ETc com 14,26 mm de diâmetro de espiguetas. Torna-se importante ressaltar que os autores citados levaram em consideração para a medida de diâmetro de espiguetas somente a produção comercial, desconsiderando as demais produções. Os resultados dessa pesquisa também diferem dos resultados encontrados por SILVEIRA et al. (2015) que observaram os maiores diâmetros de espiguetas sem palhada nos tratamentos com menor tensão de água no solo (30 KPa), consequentemente, maior disponibilidade hídrica. Essa divergência pode estar relacionada a maior lâmina de irrigação utilizada nesse experimento (53 % da ETc), no qual representou ainda um déficit de água quando comparado a lâmina aplicada pelos autores citados, o que torna necessário o estudo com menores déficits de água no desenvolvimento das plantas de minimilho na região.

4.4. Produção total, comercial e não comercial

Para as produções totais, comerciais e não comerciais não foi encontrado interação entre as variáveis, no entanto foi encontrado efeito isolado do nitrogênio a 1% de significância para as variáveis produção total e comercial e efeito isolado das lâminas de irrigação, também a 1% de significância, para as três variáveis mencionadas (tabela 12).

Tabela 12 - Resumo da análise de variância, contendo a soma de quadrados das variáveis produção total, produção comercial e não comercial.

FV	GL	Soma de quadrados					
		Total		Comercial		Não comercial	
Blocos	3	76,2	*	13,0	*	27,2	**
Lâminas	4	69,8	**	153,2	**	24,9	**
Res(a)	12	68,7		58,7		14,8	
Parcela	19	214,6		224,9		67,0	
Nitrogênio	4	104,8	**	76,3	**	4,9	ns
Interação	16	11,9	ns	5,9	ns	6,4	ns
Res (b)	60	118,7		71,1		67,5	
Total	99	450,0		378,2		145,7	
CV		21,92%		36,07%		39,52%	

ns não-significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Para a produção total e comercial houve ajuste ao modelo linear de regressão com uma tendência crescente de aumento de produção com o

aumento das doses de nitrogênio, partindo de um mínimo de 3,00 e 1,59 t ha^{-1} e atingindo a máxima produção na maior dose com 5,52 e 4,21 t ha^{-1} para as produções total e comercial, respectivamente, representando um aumento de 84% para a produção total e 165% para a produção comercial (figura 23) quando comparado a maior dose com a ausência de nitrogênio.

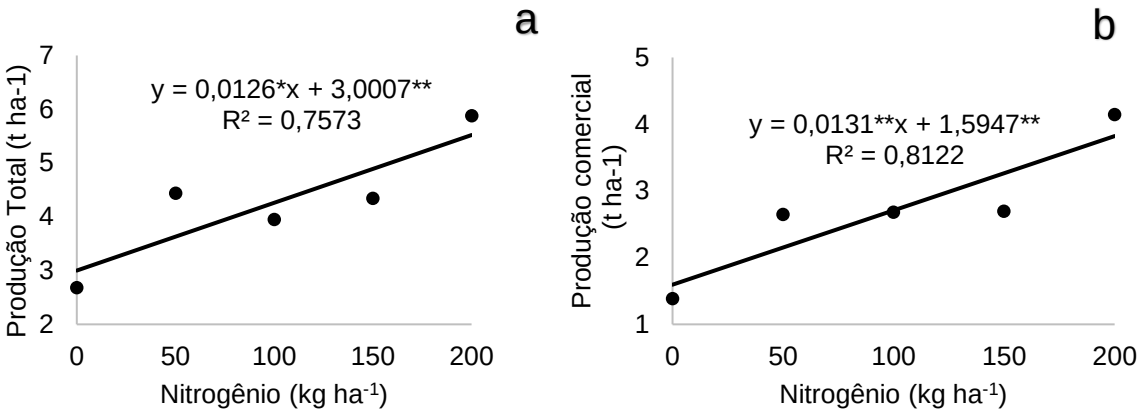

Figura 23. Relação entre doses de nitrogênio e produção total e comercial. ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Santos et al. (2014) observaram relação entre as doses de nitrogênio e a produtividade do minimilho, encontrando a melhor dose de nitrogênio de 64,35 kg ha^{-1} com uma produtividade de 1,04 t ha^{-1}. No presente estudo os resultados não corroboraram com os autores citados, no entanto foi verificado efeito das doses de nitrogênio na produção comercial do minimilho, com o melhor resultado na maior dose de nitrogênio (200 kg ha^{-1}) com uma produtividade de 3,78 t ha^{-1}.

Para as lâminas de irrigação, considerando-se a produção total e comercial, obteve-se efeito semelhante as doses de nitrogênio, com ajuste ao modelo linear de regressão, com tendência de crescimento da produção com o aumento das lâminas de irrigação. Foram encontrados os menores resultados nas lâminas de irrigação com 21% da ETc com 3,14 e 1,08 t ha^{-1} e os valores máximos na lâmina de 53% da ETc com 5,37 e 4,33 t ha^{-1} para as produções total e comercial, respectivamente (figura 24 a e b). Para a produção não-comercial houve ajuste ao modelo quadrático de regressão, obtendo uma maior produção não-comercial para a lâmina de de 32% da ETc com uma produção estimada de 2,04 t ha^{-1} de espiguetas não-comerciais (figura 24 c)

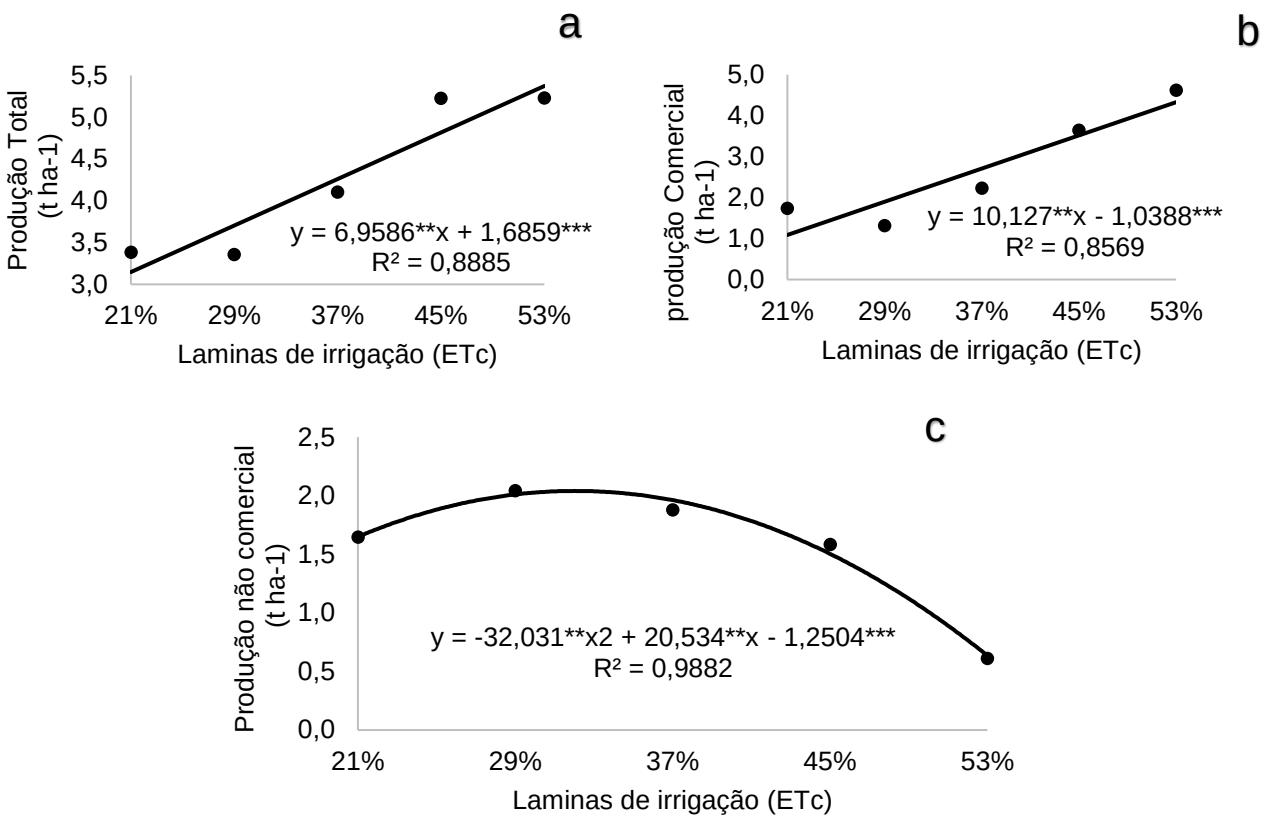

Figura 24. Relação entre lâminas de irrigação e produção total (a), comercial (b) e não comercial (c). *** significativo a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Barman et al. (2015) avaliando os efeitos das lâminas de irrigação na produção de minimilho, observaram o melhor resultado de produção comercial (1,10 t ha^{-1}) para a lâmina de 100% da ETc, valor abaixo da produção obtida no presente estudo, em que a produção comercial determinada foi de 4,39 t ha^{-1}, sendo as lâminas de irrigação inferiores aos dos autores citados anteriormente.

4.5. Eficiência do uso da água

A eficiência do uso da água foi obtida pela razão entre a produção estimada para uma área de um hectare em quilos e o volume de água aplicado em milímetros. Foi observado efeito significativo à 1% de probabilidade para o nitrogênio e à 5% para as lâminas de irrigação, ajustando-se ao modelo linear de regressão para ambos os casos.

Para as doses de nitrogênio, pode ser observado na figura 25 que houve um aumento de 73,80% na eficiência de uso da água entre a ausência de dose de nitrogênio e a maior dose (200 kg ha^{-1}).

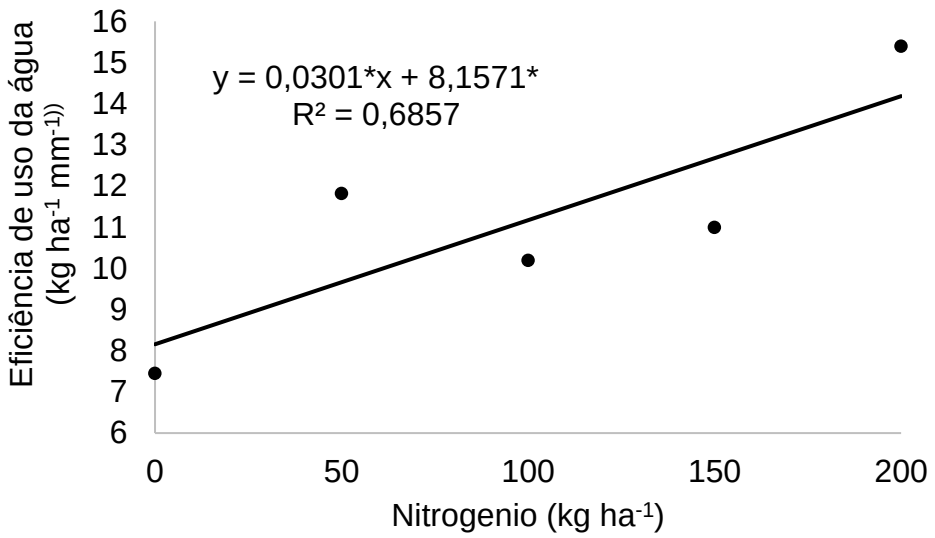

Figura 25. Eficiência no uso da água do minimilho sob doses de nitrogênio. * significativo a 5% de probabilidade.

Hammad et al. (2016) encontraram resultado semelhante quando avaliaram plantas de milho com diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, onde obtiveram o maior uso eficiente da água quando aplicado as maiores doses de nitrogênio.

Para as lâminas de irrigação houve um aumento da eficiência do uso da água com o aumento das mesmas, sendo que foi obtido um aumento de 32,01% quando comparado a maior lâmina (53% da ETc) com a menor lâmina (21% da ETc) sendo obtido uma produção de 9,07 Kg $ha^{-1}.mm^{-1}$ para a menor lâmina e de 13,27 Kg $ha^{-1}.mm^{-1}$ (Figura 26).

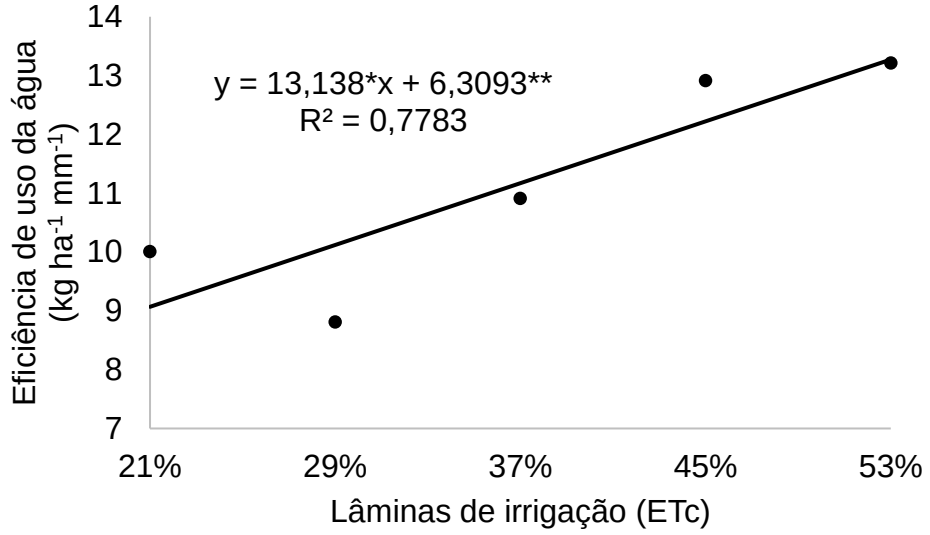

Figura 26. Eficiência de uso da água do minimilho irrigado sob diferentes lâminas de irrigação. ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade.

Oliveira (2018) estudando o efeito de lâminas de irrigação e densidades de plantio no minimilho no cerrado mato-grossense e na mesma área experimental do presente estudo, encontrou efeito inverso ao observado nesse experimento, onde o autor citado anteriormente obteve ajuste ao modelo linear de regressão com tendência decrescente ao aumento das lâminas de irrigação. Dutta et al. (2015) estudando o efeito das lâminas de irrigação na eficiência de uso da água também encontraram efeito inverso, com o maior valor para a eficiência de uso da água na menor lâmina aplicada (60% da evapotranspiração de cultivo).

Possivelmente esses resultados discordam dos encontrados neste estudo devido às lâminas aplicadas serem de déficit hídrico, chegando a um máximo de 53% da ETc, enquanto que para Oliveira (2018) as lâminas se iniciaram com 40% da ETc e para Dutta et al. (2015) essas lâminas se iniciaram com 60% da ETc.

5. CONCLUSÕES

A não interação entre os fatores impede de estabelecer uma relação entre o déficit hídrico e a adubação nitrogenada, sendo necessário novos estudos com doses diferentes de nitrogênio e lâminas de irrigação para uma melhor avaliação dos fatores.

Os melhores índices de crescimento e desenvolvimento inicial do minimilho nesse experimento foram obtidos com a lâmina de irrigação de aproximadamente 45% da ETc, enquanto que para o nitrogênio os melhores resultados são proporcionados com a dose de 150 kg ha^{-1}.

Na fase produtiva, a lâmina de 53% da ETc proporcionou os melhores resultados, gerando um maior número de espiguetas por planta e maior percentual de espiguetas com padrão comercial. Considerando também a produção com o uso de nitrogênio, os melhores resultados são obtidos com a dose de 200 kg ha^{-1}, onde foi produzido o maior número de espiguetas por planta, com medidas biométricas menores, consequentemente com mais espiguetas dentro do padrão comercial.

A melhor eficiência de uso da água é obtida para a maior lâmina de irrigação, que representa o menor déficit de água e para a maior dose de nitrogênio.

6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. DE; RESENDE, M. **Manejo de irrigação do milho**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_73_16820051120.html#>.

ALMEIDA, B. M. **Déficit e excesso hídrico na cultura do milho (Zea mays L .) em ambiente protegido**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2016.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 241–248, 2002.

ARAUJO, L. C. DE et al. Development of maize and palisadegrass plants cultivated in intercrop under water deficit. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1397–1404, 2011.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. DA; BORTOLINI, C. G. CLOROFILA NA FOLHA COMO INDICADOR DO NÍVEL DE NITROGÊNIO EM CEREAIS. p. 715–722, 2001.

ÁVILA, M. R. et al. Híbridos de milho pipoca cultivados sob diferentes lâminas de irrigação. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 4, p. 199–209, 2011.

BARMAN, M. et al. Effect of irrigation and nutrient management on growth , yield , quality and water use of summer baby corn (Zea mays L .) in new alluvial zone of West Bengal Effect of irrigation and nutrient management on growth , yield , quality and water use of summer. n. January, 2015.

BARROS, D. T. S. **Produção de milho doce sob fontes e doses de nitrogênio em associação à Azospirillum brasilense.** [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS CENTRO, 2019.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. A Cultura do Milho. **Universidade de Évora**, p. 1–52, 2014.

BASTIANI, M. L. R. et al. Minimilho (Zea mays L.): nitrogênio, fósforo e manejo afetando sua produtividade e a ocorrência de plantas daninhas. **Vértices**, v. 14, p. 189–201, 2012.

BERGAMASCHI, H. et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos Water supply in the critical period of maize and the. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1–8, 2004.

BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação localizada**. Dourados, MS: [s.n.].

BONFIM-SILVA, E. M. et al. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 180–186, 2011.

CARLOS, A.; BERNARDI, D. C. **Correção do Solo e Adubação no Sistema de Plantio Direto nos Cerrados**. [s.l: s.n.].

CARVALHO, E. V. DE et al. Análise De Trilha E Variação Genética Na Cultura Do Milho Em Condições De Cerrado. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 2, p. 13–23, 2018.

CARVALHO, L. G. DE et al. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA: UMA ABORDAGEM ATUAL DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMATIVA. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 2011.

CAVALCANTE JUNIOR, E. G. et al. Necessidade Hídrica Da Cultura Do Milho Influenciada Pelas Mudanças Climáticas No Semiárido Nordestino. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 2, p. 251, 2018.

COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro “catuaí”. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 67–73, 2009.

CONAB. Milho: analise mensal junho/julho 2019. n. 61, 2019.

CONAB. Análise de mercado do milho – médias semanais. **Conjunturas da agropecuária**, n. 61, 2020.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Roteiro de cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman- Monteith-FAO. **Circular técnica Embrapa**, v. 1, n. 1, 2006.

COSTA, J. R DA; PINHO, J. L. N. DE; PARRY, M. M. Produção de matéria seca de cultivares de milho sob diferentes níveis de estresse hídrico. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, v. 12, p. 1–9, 2008.

CRUZ, J. C. et al. Embrapa: Cultivo do Milho. **Sistema de Produção-Cultivo do Milho**, 2010.

CRUZ, J. C. et al. Milhos Especiais: Pipoca, Doce, Milho-Verde e Minimilho. In: **O produtor pergunta , a Embrapa responde**. Brasília, DF: [s.n.]. p. 296–305.

DANTAS JUNIOR, E. E.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, J. D. Lâminas de irrigação localizada e adubação potássica na produção de milho verde, em condições semiáridas. **Espacios**, v. 37, n. 27, p. 1–9, 2016.

DARBY, H.; LAUER, J. Critical Stages in the Life of a Corn Plant. **Plant Physiology**, 2013.

DUARTE, J. DE O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. Milho: Importância Socioeconômica. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, p. 8–10, 2019.

DUTTA, D. et al. Effect of irrigation levels and planting geometry on growth , cob yield and water use efficiency of baby corn (Zea mays L .). **Journal Crop and Weed**, v. 11, n. 2, p. 105–110, 2015.

EMBRAPA. **Coleção Plantar: Minimilho**. [s.l: s.n.].

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. [s.l: s.n.].

FANCELLI, A. L.; ALVES, L. R. A.; ALMEIDA, R. E. M. DE. A cadeia produtiva do milho. **Revista Visão Agrícola**, v. 13, n. 9, p. 1–176, 2015.

FAO 56. **Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. [s.l: s.n.]. v. 45

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral das Plantas**. Lavras, MG: [s.n.].

FILBO, A. B. et al. Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos. **Uma história brasileira do milho o valor dos recursos genéticos**, p. 136, 2000.

FILHO, I. A. P. et al. **Minimilho**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3uvzwsxj.html#>.

FILHO, I. A. P.; GAMA, E. E. G. E; FURTADO, A. A. L. Produção do minimilho. **Embrapa milho e Sorgo**, 1998.

FONSECA, D.; BATISTA, L. D. Evaporação e Evapotranspiração. In: **Hidrologia**. [s.l: s.n.].

FUNDA, R. M. et al. RELAÇÕES ENTRE RENDIMENTO DE MILHO E VARIÁVEIS HÍDRICAS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 3, n. January, p. 85–92, 1995.

GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 377–383, 2000.

GOLADA, S. L.; SHARMA, G. L.; NEPALIA, V. Effect of spacing , nitrogen and growth regulators on yield and nutrient uptake by baby corn (Zea mays L .). v. 19, n. 2, p. 148–153, 2017.

GUIMARÃES, L. R. et al. CRESCIMENTO DE MILHO SOB ADUBAÇÃO NITROGENADA EM UM CAMBISSOLO HÁPLICO. **Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, v. 23, n. 9, p. 205–216, 2019.

INMET. **INMETInstituto Nacional de Meteorologia**, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>

JUNG, L. H. **Viabilidade técnica e econômica da produção de minimilho fertirrigado em dourados-ms**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS, 2017.

KAPPES, C. et al. Manejo do Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Milho em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 201–217, 2014.

KUMAR, M. et al. Water and nitrate dynamics in baby corn (Zea mays L.) under different fertigation frequencies and operating pressures in semi-arid region of India. **Agricultural Water Management**, v. 163, n. 3, p. 1–26, 2016.

LIMA, A. S. O. D. et al. Análises físicas, composição centesimal e nutricional de minimilho (Zea mays, L.) orgânico de diferentes variedades. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2015.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos sob cerrado manejo da fertilidade para a produção agropecuária**, 1994.

MAGALHÃES, P. C. et al. Fisiologia do milho. **Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico**, p. 1–23, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** [s.l: s.n.].

MELO, R. F. DE et al. Desenvolvimento E Produtividade Do Milho Brs Gorutuba Sob Diferentes Lâminas De Irrigação E Adubação Orgânica. **Revista Científica Intelletto**, v. v3, n. n1, p. 1–14, 2018.

MENEGHETTI, A. M. MANEJO DA IRRIGAÇÃO PARA PRODUÇÃO DO MINIMILHO ATRAVÉS DO TANQUE CLASSE A. n. 45, p. 1–2, 2006.

MENEGHETTI, A. M.; NÓBREGA, L. H. P.; SANTOS, R. F. Manejo da Irrigação para Produção de Minimilho por Evapotranspiração. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, 2013.

NASCIMENTO, F. N. DO. **Características agronômicas do milho verde sob diferentes regimes hídricos**. [s.l.] Universidade Federal do Piauí, 2013.

NASCIMENTO, M. R. et al. DIFERENTES GENÓTIPOS DE MILHO PARA PRODUÇÃO DE MINIMILHO. **Revista Univap**, v. 22, n. 2237–1753, p. 40, 2016.

OKUMURA, R. S. et al. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho : uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 6325, p. 226–235, 2011.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. DE C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, 2012.

OLAIYA, A. O. et al. Nitrogen use efficiency of extra early maize varieties as affected by split nitrogen application in two agroecologies of Nigeria. v. 8, n. 1, 2020.

OLIVEIRA, J. R. S. **Cultivo do minimilho irrigado por gotejamento no Cerrado matogrossense**. [s.l.] Universidade Federal de Mato Grosso, 2018.

PINHO, R. G. VON et al. Ciência e Agrotecnologia milho para produção de minimilho. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1–6, 2003.

RANJAN, J. K. et al. reen Technology For Production Of Baby Corn (Zea maysL)

Under North-West Himalayan Conditions. **International Journal of ChemTech Research CODEN**, v. 5, n. 2, p. 880–885, 2013.

ROYO, J. **Minimilho: lucratividade dez vezes maior do que milho convenciona**. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21433&secao=Milho>.

SANTOS, R. F. DOS et al. Produtividade do minimilho em função das adubações nitrogenada e potássica. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 121–129, 2014.

SEGATTO, C. et al. RELAÇÃO DA LEITURA DO CLOROFILÔMETRO COM O RENDIMENTO DA NITROGÊNIO. p. 253–259, 2017.

SHARMA, R. C.; BANIK, P. Baby Corn-Legumes Intercropping Systems: I. Yields, Resource Utilization Efficiency, and Soil Health. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, 2015.

SILVA, P. S. L. et al. Efeitos da aplicação de nitrogênio sobre o rendimento do milho após a colheita da espiga apical como minimilho. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 0102–0536, 2013.

SILVA, P. S. L. E et al. Green ear yield and grain yield of maize after harvest of the first ear as baby corn. **Horticultura Brasileira**, 2006.

SILVEIRA, M. H. D.; KLAR, A. E.; RODRIGUES, R. A. F. Manejo de água e análise de crescimento de minimilho irrigado. **Universidade de São Paulo**, n. September, 2015.

SINGH, S. P. et al. Nitrogen Management in Baby Corn: A Review. **Current Journal of Applied Science and Technology**, n. September, p. 1–11, 2019.

SOUSA, M. F. DE et al. Characterization of corn (Zea mays L.) bran as a new food ingredient for snack bars. **Lwt**, v. 101, n. March 2018, p. 812–818, 2019.

SOUZA, C. F. DE. **Desempenho agronômico e eficiência de utilização de nitrogênio por cultivares de milho**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, 2017.

SOUZA, E. J. DE et al. CARACTERÍSTICAS DA ESPIGA DO MILHO DOCE PRODUZIDO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES NITROGENADAS. **Engenharia na agricultura**, v. 24, p. 50- 62p, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5° edição ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, L. A J. et al. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Boletim Técnico, 100). **Instituto Agronômico de Campinas**, 1997.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. [s.l: s.n.].

VASCONCELLOS, C. A. et al. Nutrição e Adubação do Milho Visando Obtenção do Minimilho. **Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento**, v. 09, p. 1–6, 2003.

VETTORAZZI, J. et al. Effect of different nitrogen sources and time of application on corn grain yield. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 10, p. 1668–1675, 2018.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do Nitrogênio em Sistemas Agrícolas**. [s.l: s.n.].

TANNER, P. D. The molybdenum requeriments of maize in Zimbabwe. Zimbabwe **Agriculture Journal**.v.79, n. 1, p.61-64, 1982.

OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, L. F.; SILVA, I. F.; PEREIRA, W. E.; OLIVEIRA, J. C.; COSTA FILHO, J. F. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fosforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 4, n. 3, p. 238-244, 2009

FERRI, M. G., **Botânica: Morfologia externa das plantas: organografia,** 148 páginas, NBL Editora, 1981.

FORNASIERI FILHO, D**. Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576p.

CUI, Y. P.; LIU, J. Y.; HU, Y. F.; WANG, J. B.; KUANG, W. H. **Modeling the radiation Balance of Different Urban Underlying Surfaces**. Chinese Science Bulletin, v.57, n. 9, p. 1046 -1054, 2012.

GUSMÃO, ANA C.V.L.; DA SILVA, BERNARDO B.; MONTENEGRO, SUZANA M. G. L.; GALVÍNCIO, JOSICLÊDA D. Determinação do Saldo radiativo na Ilha do Bananal, TO, com Imagens Orbitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1107 -1114, 2012.

KAPPES C.; ARF O.; ANDRADE JAC. Coberturas vegetais, manejo do solo, doses de nitrogênio e seus efeitos na nutrição mineral e nos atributos agronômicos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 37, n. 5, p. 1322-1333, 2013.

HAMMAD, H.M., FARHAD, W., ABBAS, F. et al. Maize plant nitrogen uptake dynamics at limited irrigation water and nitrogen. **Environ Sci Pollut Res** v. 24, p. 2549–2557, 2016.

BRASIL –EMBRAPA– Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.**Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 353 p., 2013.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. 144 p. Irrigation and drainage paper, 24, Rome: FAO, 1977.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. 300 p. FAO. Irrigation and drainage paper, 56, Rome: FAO, 1998.

7. ANEXOS

A. Somatório de água aplicada ao dia

	L1	L2	L3	L4	L5	Observação
15/07/2019	3,41	3,41	3,41	3,41	3,41	
16/07/2019	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	
17/07/2019	13,34	13,34	13,34	13,34	13,34	
18/07/2019	18,55	18,55	18,55	18,55	18,55	
19/07/2019	24,98	24,98	24,98	24,98	24,98	
20/07/2019	29,45	29,45	29,45	29,45	29,45	
21/07/2019	34,1	34,1	34,1	34,1	34,1	
22/07/2019	37,98	37,98	37,98	37,98	37,98	
23/07/2019	43,59	43,59	43,59	43,59	43,59	
24/07/2019	48,15	48,15	48,15	48,15	48,15	
25/07/2019	51,18	51,18	51,18	51,18	51,18	
26/07/2019	54,44	54,44	54,44	54,44	54,44	
27/07/2019	58,55	58,55	58,55	58,55	58,55	
28/07/2019	63,09	63,09	63,09	63,09	63,09	
29/07/2019	67,4	67,4	67,4	67,4	67,4	
30/07/2019	71,63	71,63	71,63	71,63	71,63	
31/07/2019	76,27	76,27	76,27	76,27	76,27	Início dos tratamentos
01/08/2019	77,24	77,67	78	78,29	78,77	
02/08/2019	78,17	79,01	79,66	80,21	81,15	
03/08/2019	79,09	80,34	81,3	82,12	83,52	
04/08/2019	80,07	81,74	83,04	84,14	86,02	
05/08/2019	81,06	83,16	84,8	86,19	88,56	
06/08/2019	81,42	83,68	85,44	86,94	89,49	
07/08/2019	82,67	85,48	87,67	89,53	92,7	
08/08/2019	83,93	87,29	89,91	92,13	95,92	
09/08/2019	85,13	89,02	92,05	94,63	99,02	
10/08/2019	86,31	90,72	94,16	97,08	102,05	
11/08/2019	87,54	92,49	96,34	99,62	105,2	
12/08/2019	88,72	94,19	98,45	102,07	108,23	
13/08/2019	89,8	95,74	100,37	104,31	111	
14/08/2019	91,12	97,64	102,72	107,04	114,39	
15/08/2019	92,5	99,62	105,17	109,89	117,92	
16/08/2019	93,68	101,31	107,27	112,33	120,94	
17/08/2019	94,92	103,1	109,47	114,89	124,12	
18/08/2019	96,08	104,78	111,56	117,32	127,12	
19/08/2019	97,18	106,36	113,51	119,59	129,94	

20/08/2019	98,25	107,89	115,4	121,79	132,67	
21/08/2019	99,45	109,62	117,55	124,29	135,76	
22/08/2019	100,86	111,64	120,05	127,2	139,36	
23/08/2019	102,07	113,4	122,22	129,72	142,49	
24/08/2019	103,28	115,13	124,36	132,21	145,57	
25/08/2019	104,67	117,13	126,85	135,1	149,16	
26/08/2019	105,87	118,85	128,98	137,58	152,22	
27/08/2019	106,98	120,46	130,96	139,89	155,08	
28/08/2019	108,05	122	132,87	142,11	157,83	
29/08/2019	109,28	123,77	135,06	144,65	160,98	
30/08/2019	110,61	125,68	137,42	147,4	164,39	
31/08/2019	112,03	127,72	139,95	150,35	168,04	
01/09/2019	113,59	129,96	142,72	153,57	172,03	
02/09/2019	115,08	132,1	145,37	156,65	175,85	
03/09/2019	116,84	134,63	148,51	160,3	180,37	
04/09/2019	118,49	137,01	151,45	163,72	184,61	
05/09/2019	120,36	139,7	154,78	167,6	189,41	
06/09/2019	122,48	142,76	158,56	171,99	194,85	
07/09/2019	124,19	145,22	161,6	175,53	199,24	
08/09/2019	125,68	147,36	164,25	178,61	203,06	
09/09/2019	127,16	149,49	166,89	181,68	206,86	
10/09/2019	128,53	151,45	169,32	184,51	210,36	
11/09/2019	129,84	153,35	171,67	187,24	213,74	
12/09/2019	131,38	155,55	174,39	190,41	217,67	
13/09/2019	132,9	157,74	177,1	193,56	221,57	
14/09/2019	134,38	159,88	179,75	196,64	225,39	
15/09/2019	136,12	162,37	182,84	200,23	229,84	
16/09/2019	137,85	164,87	185,93	203,83	234,3	
17/09/2019	139,49	167,23	188,85	207,22	238,5	
18/09/2019	141,08	169,51	191,67	210,5	242,56	
19/09/2019	142,9	172,13	194,91	214,28	247,24	
20/09/2019	144,3	174,14	197,4	217,17	250,83	
21/09/2019	145,54	175,93	199,62	219,75	254,02	
22/09/2019	145,87	176,4	200,2	220,43	254,86	
23/09/2019	147,51	178,76	203,12	223,82	259,06	
24/09/2019	149,06	180,99	205,88	227,04	263,05	
25/09/2019	149,79	182,04	207,18	228,54	264,91	
26/09/2019	150,9	183,64	209,16	230,86	267,78	
27/09/2019	152,39	185,78	211,81	233,93	271,59	
28/09/2019	153,99	188,09	214,66	237,25	275,7	
29/09/2019	155,46	190,2	217,28	240,29	279,47	

30/09/2019	156,77	192,08	219,6	243	282,82	
01/10/2019	158,45	194,51	222,61	246,5	287,15	
02/10/2019	159,58	196,12	224,61	248,82	290,03	
03/10/2019	161,21	198,48	227,52	252,21	294,23	
04/10/2019	162,49	200,31	229,79	254,85	297,5	
05/10/2019	164,03	202,53	232,54	258,04	301,46	
06/10/2019	165,14	204,12	234,51	260,33	304,3	
07/10/2019	166,46	206,02	236,86	263,07	307,69	
08/10/2019	167,54	207,57	238,78	265,3	310,45	
09/10/2019	168,68	209,22	240,82	267,68	313,4	
10/10/2019	169,54	210,45	242,34	269,45	315,59	
11/10/2019	170,41	211,7	243,89	271,25	317,82	
12/10/2019	170,39	211,68	243,86	271,22	317,78	
13/10/2019	171,73	213,6	246,24	273,98	321,21	
14/10/2019	173,02	215,46	248,54	276,66	324,52	
15/10/2019	173,79	216,57	249,91	278,25	326,49	
16/10/2019	175,26	218,69	252,54	281,31	330,28	
17/10/2019	175,79	219,45	253,47	282,4	331,63	
18/10/2019	176,91	221,06	255,48	284,73	334,51	
19/10/2019	178,55	223,42	258,4	288,13	338,73	
20/10/2019	179,31	224,52	259,75	289,7	340,68	Finalização dos Lâminas
21/10/2019	315,51	360,72	395,95	425,9	476,88	
22/10/2019	317,51	362,72	397,95	427,9	478,88	
23/10/2019	317,51	362,72	397,95	427,9	478,88	
24/10/2019	317,51	362,72	397,95	427,9	478,88	
25/10/2019	317,51	362,72	397,95	427,9	478,88	
26/10/2019	317,51	362,72	397,95	427,9	478,88	
27/10/2019	317,51	362,72	397,95	427,9	478,88	
28/10/2019	317,51	362,72	397,95	427,9	478,88	
29/10/2019	329,11	374,32	409,55	439,5	490,48	
30/10/2019	329,11	374,32	409,55	439,5	490,48	
31/10/2019	338,71	383,92	419,15	449,1	500,08	
01/11/2019	339,51	384,72	419,95	449,9	500,88	
02/11/2019	339,51	384,72	419,95	449,9	500,88	
03/11/2019	341,51	386,72	421,95	451,9	502,88	
04/11/2019	341,51	386,72	421,95	451,9	502,88	
05/11/2019	341,51	386,72	421,95	451,9	502,88	
06/11/2019	341,51	386,72	421,95	451,9	502,88	
07/11/2019	349,31	394,52	429,75	459,7	510,68	
08/11/2019	349,51	394,72	429,95	459,9	510,88	