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

JULIANE DE SOUZA BELTRÃO

CULTIVO DE PIMENTA BIQUINHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NO CERRADO MATO-GROSSENSE

RONDONÓPOLIS – MT, 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

JULIANE DE SOUZA BELTRÃO

CULTIVO DE PIMENTA BIQUINHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NO CERRADO MATO-GROSSENSE

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

Orientador: Prof. Dr. Márcio Koetz

RONDONÓPOLIS – MT, 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

B453c Beltrão, Juliane de Souza
Cultivo de pimenta biquinho sob lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no Cerrado Mato Grossense / Juliane de Souza Beltrão. –2019
92 f.: il. color.: 30 cm.

Orientador: Márcio Koetz.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Rondonópolis, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Capsicum chinense. 2. Irrigação localizada. 3. Fertilidade do solo. 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.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE RONDONÓPOLIS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CULTIVO DE PIMENTA BIQUINHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NO CERRADO MATO-GROSSENSE

AUTORA: JULIANE DE SOUZA BELTRÃO

Dissertação defendida e aprovada em 22 de fevereiro de 2019.

Presidente da Banca / Orientador: Doutor Márcio Koetz

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinadora interna: Doutora Edna Maria Bonfim da Silva

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Examinador externo: Doutor Marconi Batista Teixeira

Instituição: Instituto Federal Goiano

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até essa etapa de minha vida, desde familiares, amigos, professores e críticos,

DEDICO!

A Deus e ao Universo, que me iluminou, guiou, concedeu forças absurdas e energias positivas. A minha mãe, Clara Ângela de Souza, que jamais poupou esforços para me ajudar a completar essa jornada. Aos meus avós maternos, Valdete Ladeia de Souza (*In memoriam*) e Luiz Gabriel de Souza, que me instruíram com muita educação, compaixão, respeito as pessoas e, sobretudo, muito amor,

OFEREÇO!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que me concedeu vida, saúde, disposição e muita força de vontade para que eu pudesse dar o meu melhor durante o período de estudos no Mestrado.

Aos meus professores, minha imensa gratidão, pois contribuíram muito para que fosse despertado em mim o desejo de adquirir mais conhecimento e de alguma forma poder colaborar a sociedade com informações cientificas. Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Márcio Koetz, pela sua orientação, pelos ensinamentos, incentivos, dedicação, e, principalmente, por confiar na minha capacidade para desenvolver este trabalho. Agradeço a Prof.ª Dr.ª Edna Maria Bonfim-Silva, pela orientação, ensinamentos, profissionalismo, oportunidades, por acreditar na minha capacidade e ser uma fonte de inspiração como mulher.

Ao Grupo de Práticas em Água e Solo, Guimar Júnior, Guilherme Cardoso, Wlliam Fenner, Paula Lima, José Roberto, Thiago Castanon, Jéssica Patrícia, Francielly Barbosa, Heverton Vinicius, Heuler Pires, Felipe Samuel, Camila Rueda, Wlly Mendes, Denise Soares, Ícaro Camargo, Priscila Feitosa, Tallys Bonfim, Wellington Fava, Ronaldo Oliveira, Renato, Horácio, Niclene, João Marcos, Pedro Fraz, Filipe Menezes, Daniele, Tayná Mariany, Fernanda Vilas Boas, Edson, Leonardo, Juan Vicente, Luana Menegaz, Kellyane, Erick Tavares, João Vitor, Higor Fortunato, Mayko Douglas, Ally, Jonanthan Aquino, Fernanda Mendes, Tulio Martinez, Jhon Lucas, Rafael Andrade, Bency, Maria Aparecida e Daniel, meu MUITO OBRIGADA! Sem vocês jamais conseguiria finalizar esta pesquisa.

Agradeço a minha turma, Camila Rueda, Paula Lima, Myllena Teixeira, Abraão Pereira, Crislane Reis, Wlly Mendes, Rafael Veiga, Denise Soares, Maiza Mussato, Priscila Feitosa e Juliana Mendes, pelos momentos de descontração, pela união e pela força nos momentos mais aflitos.

Agradeço ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em especial, ao coordenador Prof. Dr. Tonny José Araújo da Silva, por nunca medir esforços no apoio durante o curso e por sempre se disponibilizar a nos orientar e

ajudar no que fosse preciso. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa para os estudos.

Por fim, meu absoluto reconhecimento e agradecimento por todas as pessoas, que direta ou indiretamente, contribuíram para eu pudesse finalizar o curso no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola a nível de Mestrado.

Meu muitíssimo, obrigada!

Se não houver frutos

Valeu a beleza das flores.

Se não houver flores

Valeu a sombra das folhas.

Se não houver folhas

Valeu a intenção da semente.

Henfil

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pimenta biquinho cultivar BRS Moema. Fonte: O autor. 21
Figura 2. Flor da pimenta biquinho cultivar BRS Moema. Fonte: O autor. 22
Figura 3. Vista aérea do experimento localizado na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis, agosto de 2018. Fonte: Google Earth, 2018. 31
Figura 4. Valores médios de velocidade do vento e radiação solar durante a realização do experimento no município de Rondonópolis – MT no período de 12/04/2018 a 25/08/2018. Fonte: http:/inmet.gov.br. 32
Figura 5. Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar durante a realização do experimento no município de Rondonópolis – MT no período de 12/04/2018 a 25/08/2018. Fonte: http:/inmet.gov.br. 33
Figura 6. Descrição da disposição dos tratamentos no campo da área experimental com pimenta biquinho. 34
Figura 7. Caracterização da unidade experimental com pimenta biquinho constituída pela sub-parcela. Rondonópolis – MT, 2018. 35
Figura 8. Coleta de amostras de solo na profundidade de 0 – 0,20, com o trado tipo calador para caracterização química e granulométrica para fins de fertilidade do solo. 36
Figura 9. Área experimental após a aplicação manual de calcário dolomítico para correção da acidez e elevação da saturação por bases. 37
Figura 10. Semeadura de pimenta biquinho cultivar BRS Moema em bandejas de plástico. 37
Figura 11. Mudas de pimenta biquinho 30 dias após a semeadura. 38
Figura 12. Casa de vegetação utilizada para a produção das mudas da pimenta biquinho, localizada na Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Rondonópolis. 38
Figura 13. Reservatório de água, com capacidade para 5 mil litros de água, utilizado para irrigar as plantas durante o período de realização do experimento. 39
Figura 14. Bomba centrífuga utilizada no sistema de irrigação. 40
Figura 15. Filtro de tela utilizado no sistema de irrigação. 40

Figura 16. Válvula de escape (A) e manômetro (B) utilizado no sistema de irrigação..... 41
Figura 17. Sistema de irrigação montado na área experimental detalhando a linha principal, linha de derivação e linhas laterais. 42
Figura 18. Ilustração completa do sistema de irrigação por gotejamento utilizado na realização do experimento com cultivo de pimenta biquinho. 42
Figura 19. Vista aérea da estação meteorológica do INMET, localizada a cerca de 100 metros da área experimental. Rondonópolis, MT. Fonte: Google Earth..... 43
Figura 20. Valores de evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação no período de 12/04/2018 a 25/08/2018, na estação do INMET de Rondonópolis – MT. Fonte: http:/inmet.gov.br. 44
Figura 21. Determinação da altura (A) e diâmetro (B) das plantas..... 50
Figura 22. Análise do índice de clorofila (A) e diâmetro de caule das plantas (B) de pimenta biquinho, Rondonópolis, MT, 2018. 51
Figura 23. Análise do comprimento (A) e diâmetro (B) dos frutos da pimenta biquinho..... 51
Figura 24. Planta de pimenta biquinho cultivar BRS Moema cultivada no presente estudo em estádio de maturação. 52
Figura 25. Pesagem da massa fresca (A) e massa seca (B) dos frutos da pimenta biquinho..... 52
Figura 26. Contagem manual dos frutos (A) e análise de sólidos solúveis (°Brix), com o auxílio do refratômetro portátil (B). 53
Figura 27. Altura de plantas de pimenta biquinho cv. BRS Moema aos 45 (A) e 60 (B) dias após o transplantio, em relação as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio..... 56
Figura 28. Altura de plantas de pimenta biquinho cv. BRS Moema aos 90 dias após o transplantio, em relação as doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B). 57
Figura 29. Número de folhas em relação as doses de nitrogênio aos 45 DAT (A) e 60 DAT (C), e lâminas de irrigação aos 45 DAT (B) e 60 DAT (D)..... 59
Figura 30. Diâmetro do dossel das plantas de pimenta biquinho cv. BRS Moema, em relação as doses de nitrogênio aos 45 (A), 60 (C) e 90 (E), e lâminas de irrigação aos 45 (B), 60 (D) e 90 (F), dias após o transplantio. 61

Figura 31. Diâmetro de caule das plantas de pimenta biquinho cv. BRS Moema em relação as doses de nitrogênio aos 45 (A) e 60 (C), e lâminas de irrigação aos 45 (B) e 60 (D), dias após o transplantio. 63
Figura 32. Índice de clorofila (SPAD) das folhas do terço médio de pimenta biquinho cv. BRS Moema, aos 45 (A) e 60 (B) dias após o transplantio, em função das doses de nitrogênio e lâminas de irrigação. 64
Figura 33. Índice de clorofila (SPAD) das folhas de pimenta biquinho cv. BRS Moema, aos 90 (A) e 120 (B) dias após o transplantio, em função das doses de nitrogênio e lâminas de irrigação..... 65
Figura 34. Massa fresca de frutos da pimenta biquinho cv. BRS Moema, em função das doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B). 69
Figura 35. Produtividade de frutos de pimenta biquinho cv. BRS Moema, em relação as doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B). 71
Figura 36. Número e frutos por planta da pimenta biquinho cv. BRS Moema, em função das doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B). 72
Figura 37. Massa seca de frutos da pimenta biquinho cv. BRS Moema, em função das doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B). 73
Figura 38. Eficiência do uso da água pela pimenta biquinho cultivar BRS Moema, em função das doses de nitrogênio e lâminas de irrigação. 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área experimental na profundidade de 0 – 0,20 m, antes da instalação do experimento. 36
Tabela 3. Volume de água total aplicada e em cada fase de desenvolvimento da planta de pimenta biquinho conforme os tratamentos estabelecidos para o manejo da irrigação..... 48
Tabela 4. Detalhamento do parcelamento da adubação potássica, de acordo com a data e porcentagem de adubação de acordo com a recomendação total..... 49
Tabela 5. Parcelamento da adubação nitrogenada de acordo com os tratamentos, data e porcentagem da recomendação..... 49
Tabela 6. Valores médios observados para o diâmetro e comprimento dos frutos de pimenta biquinho CV. BRS Moema..... 66
Tabela 7. Valores médios obtidos do teor de sólidos solúveis dos frutos de pimenta biquinho CV. BRS Moema..... 67
Tabela 8. Valores médios obtidos para a massa média do fruto de pimenta biquinho CV. BRS Moema..... 68

SUMÁRIO

1. Introdução 17
1. Revisão de literatura 19
2.1 O gênero *Capsicum* 19
2.2 Pimenta biquinho: características, cultivo e aplicações 20
2.3 Irrigação 22
2.3.1 Sistema de irrigação localizada 23
2.3.2 Evapotranspiração 24
2.4 Nitrogênio 27
2.4.1 Nitrogênio no solo 27
2.4.2 Nitrogênio na planta 29
2. Material e métodos 31
3.1 Localização 31
3.2 Caracterização experimental 33
3.3 Coleta, caracterização e correção do solo 35
3.4 Produção de mudas de pimenta biquinho 37
3.5 Sistema de irrigação por gotejamento 39
3.5.1 Reservatório de água 39
3.5.2 Cabeçal de controle 39
3.5.3 Tubulação principal, de derivação e lateral 41
3.6 Manejo da irrigação 43
3.7 Manejo da adubação 48
3.8 Monitoramento de pragas e doenças 49
3.9 Variáveis analisadas 50
3.9.1 Variáveis vegetativas 50
3.9.2 Variáveis produtivas 51
3.9.3 Consumo e produtividade da água 53
3.10 Análise estatística 53
4. Resultados e discussões 55
4.1 Análise de Superfície de resposta 55
4.2 Análise de variância 55
4.3 Variáveis analisadas 55

4.3.1 Altura de plantas 55
4.3.2 Número de folhas 58
4.3.3 Diâmetro do dossel 60
4.3.4 Diâmetro de caule 62
4.3.5 Índice de clorofila 64
4.3.6 Diâmetro e comprimento de frutos 66
4.3.7 Sólidos solúveis 67
4.3.8 Massa média do fruto 68
4.3.9 Massa fresca de frutos 69
4.3.10 Produtividade 70
4.3.11 Número de frutos 71
4.3.12 Massa seca de frutos 73
4.3.13 Produtividade da água 74
5. Conclusões 76
Referências 77

CULTIVO DE PIMENTA BIQUINHO SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO NO CERRADO MATO-GROSSENSE

RESUMO - O cultivo de pimentas do gênero *Capsicum* é uma atividade econômica que possibilita ao produtor uma boa renda com áreas pouco extensas. A pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) têm características que a destaca das demais pimentas do gênero, principalmente, devido à ausência de pungência (picância) nos frutos. No entanto, ainda são necessários mais estudos que identifique as técnicas ideais para seu cultivo na região do Cerrado Mato-Grossense. Nesse contexto, objetivou-se estudar o efeito de doses de nitrogênio e lâminas de irrigação por gotejamento no cultivo da pimenta biquinho em Latossolo Vermelho. O experimento foi realizado a campo, na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, *Campus* de Rondonópolis, em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com arranjo de parcelas subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por cinco lâminas de irrigação [40, 60, 80, 100 e 120% da demanda da ETc (evapotranspiração da cultura)] e cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1}), tendo como fonte a ureia, totalizando 25 tratamentos, perfazendo 100 unidades experimentais. A calagem foi realizada com calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a 80%. As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno, sendo transplantadas para o campo com altura média de 7 cm, 45 dias após a semeadura. O espaçamento de plantio foi de 0,9 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, totalizando um estande de 15 plantas por unidade experimental. Durante o desenvolvimento vegetativo avaliou-se: número de folhas, altura de plantas, diâmetro de caule, índice de clorofila e diâmetro do dossel. Após a colheita avaliou-se: produtividade de frutos, massa fresca e seca de frutos, número de frutos, diâmetro e comprimento de frutos, massa média de frutos, sólidos solúveis, produtividade da água e consumo de água. Os dados foram submetidos a análise variância e quando significativa, a análise de regressão, a 5% de significância, e analise de superfície de resposta, utilizando o software R Statistical 3.4.2®. A adubação nitrogenada apresentou diferença significativa para a altura de plantas, número de folhas, diâmetro de caule e dossel, índice de clorofila, massa fresca e seca de frutos, número de frutos e produtividade. As lâminas de irrigação proporcionaram diferença significativa para as variáveis diâmetro de caule, índice de clorofila e produtividade da água. As lâminas de irrigação e adubação nitrogenada não proporcionaram diferença significativa para o comprimento e diâmetro dos frutos, massa média de frutos e teor de sólidos solúveis. As lâminas de irrigação e doses de nitrogênio proporcionam ganhos na produtividade da pimenta biquinho, influenciando positivamente no seu desenvolvimento, quando cultivada em Latossolo Vermelho.

Palavras-chaves: *Capsicum chinense*, irrigação localizada, fertilidade do solo.

CULTIVATION OF BIQUINHO PEPPER ON IRRIGATION BLADES AND NITROGEN DOSES IN CERRADO MATO-GROSSENSE

ABSTRACT - The cultivation of chilies of the genus *Capsicum* is an economic activity that allows the producer a good income with small areas. The biquinho pepper (*Capsicum chinense*) has characteristics that distinguish it from the other peppers of the genus, mainly due to the absence of pungency (picância) in the fruits. However, further studies are needed to identify the ideal techniques for its cultivation in the Cerrado Mato-Grossense region. In this context, the objective of this study was to study the effect of nitrogen doses and irrigation slides by drip irrigation in the cultivation of biquinho pepper in Oxisol. The experiment was carried out in the field, in the experimental area of the Federal University of Mato Grosso, Rondonópolis Campus, in soil classified as dystrophic Red Oxisol. The treatments were composed of five irrigation slides [40, 60, 80, 100 and 120% of ETc demand (crop evapotranspiration)] and five nitrogen doses (0, 60, 120, 180 and 240 kg ha^{-1}), having as a source the urea, totaling 25 treatments, making 100 experimental units. The liming was performed with dolomitic limestone to raise the saturation by bases to 80%. The seedlings were produced in polyethylene trays, being transplanted to the field with an average height of 7 cm, at 45 days after sowing. The planting spacing was 0.9 m between rows and 0.5 m between plants, totalizing a stand of 15 plants per experimental unit. During the vegetative development, the number of leaves, plant height, stem diameter, chlorophyll index and crown diameter were evaluated. After harvest, fruit production, fresh and dry fruit mass, number of fruits, fruit diameter and length, average fruit mass, soluble solids, water productivity and water consumption were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and when significant, the regression analysis, at 5% significance, and response surface analysis, using software R Statistical 3.4.2®. Nitrogen fertilization showed a significant difference for plant height, number of leaves, stem and canopy diameter, chlorophyll index, fresh and dry mass of fruits, number of fruits and productivity. Irrigation blades provided a significant difference for the variables stem diameter, chlorophyll index and water productivity. The irrigation blades and nitrogen fertilization did not provide significant differences in fruit length and diameter, mean fruit mass and soluble solids content. The Irrigation blades and nitrogen doses provide gains in biquinho pepper productivity, positively influencing its development when grown on Oxisol.

Keywords: *Capsicum chinense*, localized irrigation, soil fertility.

1. Introdução

O cultivo de culturas alternativas é uma opção que pode ser muito rentável para pequenos produtores. Por não requerer elevadas tecnologias agrícolas e mão-de-obra especializada, seu cultivo é o mais adotado. Em meio a variadas opções de espécies, o cultivo e processamento de pimentas do gênero *Capsicum* é uma atividade que pode proporcionar ao produtor boa renda com uma área pequena (SERENINI, 2014).

Entre as espécies do gênero *Capsicum*, a pimenta biquinho apresenta destaque no mercado devido a sua principal característica que é a ausência de pungência nos frutos, que resulta em baixa picância, aliada ao um sabor marcante. Suas características peculiares permitem uma utilização diferenciada dos frutos em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos, sendo bem aceitos por consumidores que apreciam o sabor das pimentas sem querer sentir ardência no paladar (SOUZA et al., 2011).

O fornecimento adequado de nutrientes essenciais, como o nitrogênio, no cultivo da pimenta biquinho é fundamental para que as plantas completem seu ciclo de vida e expressem o seu máximo potencial produtivo, com frutos que atendam padrões de comercialização. Na literatura, informações sobre a recomendação da adubação nitrogenada em solos do Cerrado da região Centro-oeste são escassas, o que implica na necessidade de pesquisas que estudem seu fornecimento as plantas para obter a recomendação ideal, visando a racionalidade no uso de fontes nitrogenadas (HORTIFRUTIBRASIL, 2015).

A absorção efetiva dos nutrientes acontece com um fornecimento adequado de água as plantas, que pode ser realizada de diversas maneiras pelo produtor. Frutos em que apresentam água na maior parte de sua composição, como as pimentas, requerem um suprimento hídrico rigoroso. No campo, o suprimento de água se torna mais viável e prático com o uso de sistemas de irrigação. Entre os tipos existentes, o sistema de irrigação localizada é o que apresenta maior eficiência na aplicação de água, umedecendo apenas a superfície do solo, e seu uso ainda não é muito difundido no cultivo de pimentas. Embora apresente um custo elevado para

implantação, é importante estudar a eficiência do uso de sistema de irrigação localizada no cultivo de pimentas para obtenção de uma boa produtividade aliada ao uso racional da água (EMBRAPA, 2001).

Nesse contexto, objetivou-se estudar a aplicação de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no cultivo da pimenta biquinho em Latossolo Vermelho do Cerrado Mato-Grossense.

1. Revisão de literatura

2.1 O gênero *Capsicum*

Conhecidas como pimentas hortícolas, o gênero *Capsicum* pertence à família Solanaceae, assim como os pimentões (*Capsicum annuum Group*), tomates (*Solanum lycopersicum*) e berinjelas (*Solanum melongena*). O termo pimenta hortícola foi designado para diferenciá-las de outras pimentas, como a pimenta-rosa (*Schinus molle* L., família Anacardiaceae), a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L., família Piperaceae) e pimenta-da-Jamaica (*Pimenta officinalis* Lindl., família Myrtaceae), que embora sejam chamadas de pimentas, não possuem parentesco entre si, apresentando propriedades químicas bem distintas (JARRET & BERKE, 2008).

O gênero *Capsicum* foi nomeado pelo botânico holandês Nikolas Joseph Von Jacquin que acreditava, equivocadamente, ser originado do continente asiático, na China. Porém, as espécies do gênero são originárias das Américas, que tem seus consumos datados a mais de 7 mil anos, principalmente na região do México (REIFSCHNEIDER, 2000).

McLEOD et al. (1982) elaboraram uma hipótese para o surgimento das espécies atuais de pimentas, com base em dados de eletroforese e informações geográficas, de que a “área nuclear” seria em uma região central da Bolívia. A hipótese sugere que a espécie ancestral se dividiu em dois agrupamentos, um com flores púrpuras e outro com flores brancas que, em sequência, sofreu especiação com a formação da cordilheira dos Andes, surgindo as espécies atualmente conhecidas.

A *Capsicum chinense* é a mais brasileira das espécies de plantas domesticadas, destacando-se devido aos sabores e aromas acentuados de seus frutos. Os tipos varietais dentro do gênero, variam dentre espécies com frutos picantes, como a pimenta “Habanero”. No Brasil, os tipos mais conhecidos são a “De Cheiro”, “Bode”, “Cumari”, “Biquinho”, entre outras, que possuem uma alta variabilidade de formatos, tamanhos e cores de frutos (EMBRAPA, 2010).

Devido a versatilidade de suas aplicações culinárias, industriais, farmacêuticas e ornamentais, a perspectiva do mercado de pimentas é bem ampla, podendo ser uma boa opção de cultivo principalmente para pequenos produtores, que podem diversificar e aumentar suas fontes de renda (EMBRAPA, 2008).

2.2 Pimenta biquinho: características, cultivo e aplicações

Dentre as espécies identificadas do gênero *Capsicum,* a pimenta biquinho, que dependendo da região, pode ser conhecida por outras denominações como pimenta de bico, vem ganhando destaque no mercado das pimentas. A principal característica que a destaca das demais espécies é a ausência de pungência nos frutos. Na escala Scoville, desenvolvida pelo farmacologista Wilbur Scoville em 1912, sendo uma tabela que mede o grau de pungência dos frutos, a pimenta biquinho apresenta grau zero. Entretanto, apesar da ausência de picância, os frutos não deixam de ter o sabor e aroma característico das pimentas do gênero.

A pimenta biquinho pode ser apreciada na forma *in natura* e processada, na forma de molhos, geleias e conservas, oferecendo ao produtor oportunidades variadas na sua comercialização, que vão consequentemente, garantir maior rentabilidade pela maior agregação de valor ao produto. Suas variadas formas de apresentação vêm ganhando espaço, principalmente, na alta gastronomia, que utiliza o fruto para enobrecer a finalização de pratos, tanto salgados quanto doces, atribuindo beleza e sabor aos mesmos, sem elevada ardência, agradando aos paladares de um maior número de consumidores.

A cultivar BRS Moema foi desenvolvida pela Embrapa a partir da população CNPH 3870. As plantas têm hábito de crescimento intermediário, podendo atingir em média 60 cm de altura e 1 m de diâmetro de copa, com coloração verde-escura. Seus frutos quando imaturos apresentam coloração verde, em fase de maturação alaranjada e vermelha quando maduros, devido a formação do carotenoide capsantina nos frutos. O formato pontiagudo na extremidade dos frutos fundamenta o nome da espécie, pela sua forma de “biquinho” (Figura 1). Os frutos medem em média 1,5 cm de largura e 2,6 cm de comprimento, e nas condições de cultivo do

Brasil Central, a colheita se inicia aproximadamente 90 dias após o transplantio das mudas para o campo (CARVALHO et al., 2006).

Figura 1. Pimenta biquinho cultivar BRS Moema. Fonte: O autor.

A espécie *Capsicum chinense* apresenta por nó de duas a cinco flores, que raramente são solitárias. Na antese, os pedicelos são frequentemente inclinados ou pendentes. A corola apresenta coloração branca com lobos planos (que não se dobram), e anteras roxas (Figura 2). Os cálices dos frutos maduros são pouco dentados apresentando, tipicamente, uma constrição anelas na junção com o pedicelo (EMBRAPA, 2007).

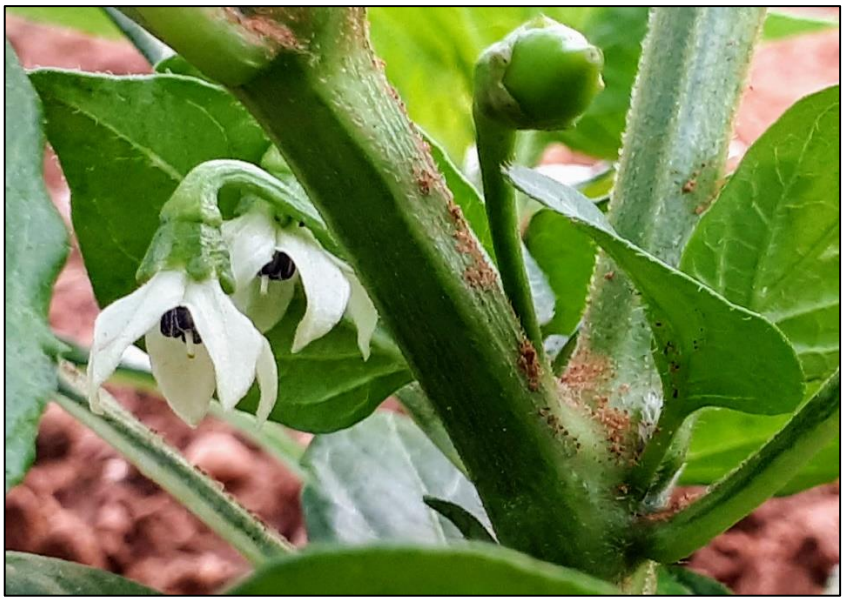

Figura 2. Flor da pimenta biquinho cultivar BRS Moema. Fonte: O autor.

Na região Centro-oeste do Brasil, particularmente no Estado do Mato Grosso, não há dados precisos disponíveis sobre cultivos comerciais da pimenta biquinho. No Brasil, seu cultivo se concentra nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Goiás (CARVALHO et al., 2008; EMBRAPA, 2006). De acordo com informações da Embrapa (2018), a região Centro-Oeste apresenta condições climatológicas que favorecem a produção de 20 t ha^{-1} de frutos maduros da pimenta biquinho em um período de 6 meses de colheita.

2.3 Irrigação

Ao longo da história da ciência agrícola várias definições para o termo irrigação foram propostas. De acordo com Testezlaf (2017), para efeitos práticos e fácil entendimento, a irrigação pode ser definida como: técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer suas necessidades e visando a produção ideal para o seu usuário.

Sobre a irrigação já é de conhecimento que, desde a pré-história, o homem vem desviando cursos d’água para irrigar suas plantações. Foi o uso dessa técnica que possibilitou o estabelecimento humano em zonas áridas e semiáridas, contribuindo para o surgimento das civilizações (CHRISTOFIDIS, 1999). Assim, a

irrigação é uma tecnologia imprescindível no processo de expansão e produção agrícola, sendo que sua adoção tem total dependência em relação a disponibilidade hídrica de cada região e do capital financeiro do produtor (KLAR & JADOSKY, 2004).

As pimenteiras em geral requerem grandes quantidades de água para seu bom desenvolvimento, por ser um fruto que apresenta em sua composição uma média de 90% de água. Seu cultivo associado a técnicas de irrigação, possibilita suprir a demanda hídrica em períodos de estiagem, como no inverno, minimizando o risco de quebra de safra. O cultivo de plantas sob regime controlado de irrigação aliado ao uso de fertilizantes, proporciona melhores resultados na qualidade do produto, possibilitando ainda a ampliação no número de safras, melhorando a lucratividade da produção, devido a colocação do produto no mercado em momento de baixa oferta e alta remuneração (SANTANA et al., 2004).

2.3.1 Sistema de irrigação localizada

Os sistemas de irrigação onde água é aplicada diretamente ao solo, nas regiões próximas ao sistema radicular, compreende os sistemas de irrigação localizada. A irrigação localizada aplica a água no solo em pequenas quantidades, porém com alta frequência, possibilitando que a umidade do solo na zona radicular fique próxima a “capacidade de campo”. A aplicação da água é realizada através de tubos com pequenos orifícios ou gotejadores e microaspersores denominados emissores (VILLAMAGNA, 2016).

Os sistemas de irrigação localizada trabalham com tubulações de PVC e tubulações flexíveis de polietileno, onde são inseridos os emissores, além de uma série de equipamentos, como: bombas, filtros, manômetros e válvulas. Dessa forma, apresentam um alto custo de implantação, devendo ser usado em culturas que trazem um alto retorno financeiro e que tenha uma alta exigência hídrica (VILLAMAGNA, 2016).

As principais vantagens da utilização da irrigação localizada são: a maior eficiência no uso da água, devido ao maior controle que se tem na lâmina aplicada; maior produtividade, que em geral se obtém devido a resposta que as plantas

apresentam pela maior disponibilidade de água no solo; maior eficiência da adubação, pois a irrigação localizada permite executar a técnica da fertirrigação, que a é a aplicação de fertilizantes via água de irrigação que contribui para a diminuição das suas perdas e possibilita seu parcelamento.

No sistema de irrigação localizada há também maior eficiência no controle fitossanitário, devido a faixa molhada da irrigação localizada ser menor, o que diminui a infestação por plantas espontâneas, facilitando controle de insetos e fungos, e uma economia de mão-de-obra. Por se tratar de um sistema fixo, há grande economia quando comparado a sistemas convencionais, como por aspersão e superfície (BERNARDO et al., 2008).

Assim como há vantagens na utilização de irrigação localizada, desvantagens também existem na sua adoção, como o entupimento dos emissores, que pode ser em virtude da precipitação de sais e/ou sedimentação dentro dos emissores e a distribuição do sistema radicular, que se limita a regiões de formação dos bulbos molhados, tornando o sistema radicular mais superficial e susceptível a tombamentos, devido à instabilidade das raízes (BERNARDO et al., 2008).

Por ser uma cultura com alto valor econômico agregado e de grande exigência hídrica, principalmente na fase de frutificação, o emprego do sistema de irrigação localizada no cultivo da pimenta biquinho é fundamental. Com o fornecimento hídrico ideal a planta terá condições para expressar seu máximo potencial produtivo aliado a uma produção de qualidade, garantindo assim, um maior retorno financeiro ao produtor.

2.3.2 Evapotranspiração

A evapotranspiração no contexto da irrigação localizada se insere na área da agrometeorologia aplicada. Além de informações relacionadas ao solo e a planta, as informações meteorológicas são essenciais para o perfeito funcionamento das atividades agrícolas, sendo importantes nas tomadas de decisões. No que tange a agricultura irrigada, medições da pluviosidade e

evaporação por exemplo, são informações importantes para decisões relacionadas ao cultivo, além de contribuir no entendimento das condições climáticas locais.

Desse modo, a lâmina de água a ser aplicada no solo pode ser estimada pela evapotranspiração (ET), que é compreendida pela evaporação da água de uma superfície, somada a transpiração das plantas, que é atribuída a disponibilidade de energia, pelo poder evaporante do ar e pela água disponível no solo. A estimativa correta da ET favorece o manejo adequado da irrigação, evitando os efeitos negativos da aplicação excessiva ou deficitária de água, pois se aplica o volume exato de água que a planta necessita, e de acordo com a sua fase de desenvolvimento (PEREIRA et al., 2997).

O processo da evapotranspiração acontece mediante a energia disponível, conhecida como calor latente de vaporização (ƛ) sendo em função da temperatura da água. A 20°C, ƛ equivale a 2,45 MJ kg^{-1}, ou seja, para evaporar 1 kg de água, são necessários 2,45 MJ de energia. Como 1 kg de água equivale a aproximadamente 0,001 m^3, e 1 mm equivale a 1 L m^{-2}, tem-se que, 2,45 MJ m^{-2} são capazes de evaporar uma lâmina de 1 mm de água. Essa energia é necessária para transformar o estado das moléculas de água para vapor, e é fornecida pela radiação solar, sendo a energia radiante, e pela temperatura do ar, sendo o calor sensível (CARVALHO & OLIVEIRA, 2012).

Além da energia radiante e do calor sensível, outros fatores interferem no processo da evaporação, como o grau de sombreamento das culturas, devido as dimensões do dossel, e a quantidade de água disponível na superfície evaporante. Em solos onde o espaço poroso favorece o movimento da água, e que são frequentemente úmidos, seja por chuva ou irrigação, a taxa de evaporação será determinada principalmente pelos fatores meteorológicos. No início do período produtivo, após a semeadura ou transplantio, grande parte da ET se dá pela evaporação, devido a maior superfície descoberta. Com o desenvolvimento das culturas e aumento da área foliar, grande parte do solo é encoberto e a maior porcentagem da ET será composta pela transpiração das plantas (MANTOVANI et al., 2009).

Em relação aos conceitos sobre a ET, o boletim FAO 56 propôs uma padronização, caracterizando-a como evapotranspiração de referência (ETo) e evapotranspiração da cultura (ETc). A ETo refere-se a taxa evapotranspirométrica em uma superfície de referência, que independe do tipo de cultura, da fase de desenvolvimento e das práticas de manejo adotadas. Sendo assim, na ETo, os únicos fatores que irão influenciar nos resultados são os parâmetros meteorológicos. A ETc, refere-se a taxa de evapotranspiração de uma cultura em pleno estágio de desenvolvimento, sem nenhum tipo de restrição hídrica e/ou nutricional, em determinada condição climática (OLIVEIRA et al., 2006).

Na prática, há vários métodos para a medida da ETo e ETc, onde pode-se destacar os lisímetros, que são estruturas onde um volume de solo cultivado é isolado, a fim de que todas as saídas e entradas de água sejam controladas por meio de pesagens, sendo essa uma quantificação da ET e não estimativa. A obtenção da ET por lisímetros é mais precisa, porém mais trabalhosa para a realidade prática do campo, assim, estudos posteriores desenvolveram métodos para a estimativa indireta, a partir de dados meteorológicos locais, destacando-se a equação de Pennman-Monteith/FAO. O método de Pennman-Moneith proporciona resultados que mais se aproximam da ETo real, por representar as condições físicas que interferem no processo e incorporar variáveis aerodinâmicas e fisiológicas no cálculo. Desse modo, o boletim FAO (Allen et al., 1998), apresentou esse método como padrão, devido aos bons resultados que ele apresentou em regiões de condições climáticas distintas (ALBUQUERQUE & DURÃES, 2008).

A estimativa da ETc pode ser feita diretamente no campo, com o uso de lisímetros, porém, Jensen et al. (1990), afirmaram que na prática, a estimativa pode ser feita a partir da ETo, multiplicando-se, posteriormente, por valores de coeficientes de cultivo (Kc). O Kc considera condições ideais de cultivo, sem restrições hídricas e/ou nutricionais, para o desenvolvimento de uma cultura. A ETc se diferencia da ETo principalmente na cobertura do solo, devido ao dossel da cultura e na resistência aerodinâmica entre as culturas e a grama.

O Kc representa as diferenças, variando conforme a fase de desenvolvimento da cultura e da fisiologia de cada cultura, podendo em algumas

etapas atingir valores superiores a 1,0, que geralmente é quando as plantas estão em pleno desenvolvimento (REICHARDT & TIMM, 2012). O uso da estimativa da ETc para o manejo da irrigação é portanto, uma técnica que pode apresentar bons resultados ao produtor, por proporcionar a aplicação de água que a planta realmente necessita, tornando seu uso mais racional.

2.4 Nitrogênio

A nutrição mineral afeta diretamente na qualidade das hortaliças quando os níveis dos nutrientes não se encontram em quantidades adequadas. A qualidade dos frutos é uma somatória de diversas características, sendo necessário que as medidas para melhorar sejam tomadas em conjunto com outros fatores (MALAVOLTA, 2006; MENGEL & KIRKBY, 2001).

Em grande parte das culturas, a produtividade está diretamente atrelada a aplicação de fertilizantes nitrogenados, que dependendo do valor econômico da cultura, sua aplicação custa muito pouco, comparada a perda de produção devido a sua falta. A relação entre a dose aplicada e a produtividade é regida pela lei dos rendimentos decrescentes, ou seja, a sua aplicação excessiva poderá resultar na diminuição da produtividade, além do risco de dano ambiental pelo nitrogênio residual no solo (FONTES & ARAÚJO, 2007; SÁ & BUZZETI, 1994).

2.4.1 Nitrogênio no solo

A atmosfera tem 78% de sua composição por nitrogênio gasoso (N^2). Apesar da grande abundância, a ligação tripla entre os dois átomos de nitrogênio da molécula, faz com que esse gás seja inerte e não prontamente disponível para as plantas. Se não fosse pela ação de processos naturais, como a fixação biológica de nitrogênio e ação dos relâmpagos, pouco deste nutriente seria encontrado nos solos e grande parte da vegetação dos ecossistemas não se desenvolveriam. O ciclo do nitrogênio é muito estudado pela comunidade científica, que busca compreender as translocações e transformações desse elemento para a resolução

de muitos problemas ambientais, agrícolas e relacionados a preservação dos recursos naturais (BRADY & WEIL, 2013).

Grande parte do nitrogênio do solo é encontrado na matéria orgânica, que apresenta normalmente apenas 5% desse nutriente em sua composição. As duas formas mais importantes do nitrogênio inorgânico no solo, são o amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), que estão sujeitos, além de perdas por erosão e escoamento, a imobilização, mineralização, absorção pelas plantas, fixação, volatilização, lixiviação, nitrificação e desnitrificação (BRADY & WEIL, 2013).

Os processos de imobilização e mineralização do nitrogênio são opostos, e acontecem quando compostos orgânicos são decompostos por enzimas produzidas por micro-organismos. O processo da mineralização libera nitrogênio inorgânico no solo, na forma de amônio, que é absorvido pelas plantas, contribuindo para o fechamento de seu ciclo. Com o processo de imobilização, os íons de nitrogênio inorgânico (NH_4^+ e NO_3^-) são convertidos para formas orgânicas. Esse processo ocorre principalmente quando os micro-organismos trabalham na decomposição de materiais com alta relação C/N, exigindo mais o nitrogênio, e imobilizando o mesmo quando o incorpora em seu metabolismo. Quando o micro-organismo completa seu ciclo, parte do nitrogênio orgânico imobilizado volta para o solo, podendo ser convertido novamente na forma inorgânica (NOVAIS et al., 2007).

O nitrogênio na forma de amônio pode ser atraído para as superfícies negativamente carregadas das argilas, sendo retidos na forma trocável, ficando disponível para as plantas e parcialmente protegidos da lixiviação. Porém, devido ao tamanho diminuto do próprio íon, o mesmo pode se fixar nas cavidades dos minerais de argila, ficando indisponíveis para as plantas o absorverem (PRIMAVESI, 2002).

No processo da volatilização, o gás amônia (NH_3) pode ser reduzido a partir da decomposição de materiais orgânicos e de adubos, como a ureia. Para evitar o processo de volatilização da amônia o manejo da adubação nitrogenada deve ser cauteloso. A adoção de práticas que façam o nutriente se infiltrar no solo é uma das formas de controle da volatilização (WINTER, 1988).

Ao contrário dos íons de amônio (NH_4^+), o nitrato (NO_3^-) não é adsorvido aos coloides carregados com cargas negativas, que são predominantes na maioria dos solos. Assim, o nitrato pode ser facilmente lixiviado, movendo-se no sentido da água de drenagem. Desse modo, o manejo adequado da irrigação contribui para evitar as perdas por lixiviação devido aplicação excessiva de água (WHITE, 2009).

O íon amônio pode passar pelo processo de nitrificação, que consiste basicamente em duas etapas. A primeira etapa é a conversão da amônia a nitrito (NO_2^-), por um grupo de bactérias autotróficas, conhecidas como *Nitrosomonas*. Após a conversão em nitrito, outro grupo de bactérias autotróficas (*Nitrobacter*), imediatamente o utiliza para o converter em nitrato. A nitrificação pode ser revertida pelo processo da desnitrificação. A desnitrificação acontece em ambiente anaeróbico, que envolve bactérias heterotróficas e reduzem o nitrato a gases, como o NO, N_2O e N_2 (WHITE, 2009).

2.4.2 Nitrogênio na planta

Uma nutrição mineral balanceada é fundamental para que a planta se desenvolva e complete seu ciclo, expressando o máximo do seu potencial produtivo. Os nutrientes minerais, como o nitrogênio, fósforo e potássio, são absorvidos do solo pelas plantas na forma de íons inorgânicos. O estudo da nutrição mineral é fundamental para se aprimorar as práticas agrícolas, associada a proteção ambiental, visto o dano que o excesso desses nutrientes pode provocar nos ecossistemas (PRADO & CASALI, 2006).

O nitrogênio é um macronutriente, que na planta se associa a compostos formados por carbono, sendo o elemento mais requerido pelas plantas em relação a quantidade. As plantas o assimilam por reações bioquímicas que envolve a oxidação e redução, formando ligações covalentes e compostos orgânicos, como aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas e a clorofila (TAIZ et al., 2017).

Sua absorção se dá principalmente por fluxo de massa, quando acontece a concentração de íons NH_4^+ e NO_3^- no meio externo as raízes, induzindo a sua absorção. O nitrogênio tem alta mobilidade pelo xilema e floema, sendo

transportado tanto na forma de nitratos como amidas, sendo o nitrato prontamente móvel no xilema, podendo ser estocados em órgãos de armazenamento das plantas, como os vacúolos (KERBAUY, 2004).

O requerimento de nitrogênio pelas plantas varia de acordo com a espécie. Quando há carência do nutriente, o sintoma característico é a redução na taxa de crescimento da planta e o aparecimento de uma clorose generalizada nas folhas velhas, devido a sua alta mobilidade na planta (FERREIRA et al., 2013).

Na cultura do tomateiro, pertencente à família da Solanáceas, a deficiência de nitrogênio acarreta no lento crescimento da planta, com o desenvolvimento de um caule mais fino, um menor número de frutos, e uma coloração verde-pálida das folhas, que causa a redução da taxa fotossintética (FONTES & ARAÚJO, 2007). Em contrapartida, doses excessivas de nitrogênio, resulta em um demasiado desenvolvimento da parte aérea das plantas, retardando o processo de maturação dos frutos, que em geral se apresentam menores e defeituosos (FERREIRA et al., 2013).

2. Material e métodos

3.1 Localização

O experimento foi realizado a campo, na Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Rondonópolis (Figura 3), localizada na latitude 16°27’47’’S e longitude 54°34’43’’W, à uma altitude de 289 m, no período de abril a agosto de 2018.

Figura 3. Vista aérea do experimento localizado na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis, agosto de 2018. Fonte: Google Earth, 2018.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é Aw, caracterizado como um clima tropical de inverno seco. Apresenta verão chuvoso, de novembro a abril, e um inverno com baixa precipitação, no período de maio a outubro, sendo julho o mês mais seco. Os elementos climáticos de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar foram monitorados durante o período de realização do experimento (Figuras 4 e 5).

Na Figura 4, observa-se o comportamento da velocidade média do vento durante o período de realização do experimento, que teve seu pico mais alto no dia 9 de julho com uma velocidade média de 3,23 m s^{-1} e pico mais baixo nos dias 19 de abril e 10 de junho, com uma velocidade média de 0,7 m s^{-1}. Observa-se também

na Figura 4 que a radiação solar média teve maior intensidade no dia 21 de maio, com radiação de 1225,65 kJ m^{-2}, e menor no dia 19 de abril, com um valor médio de 187,19 kJ m^{-2}.

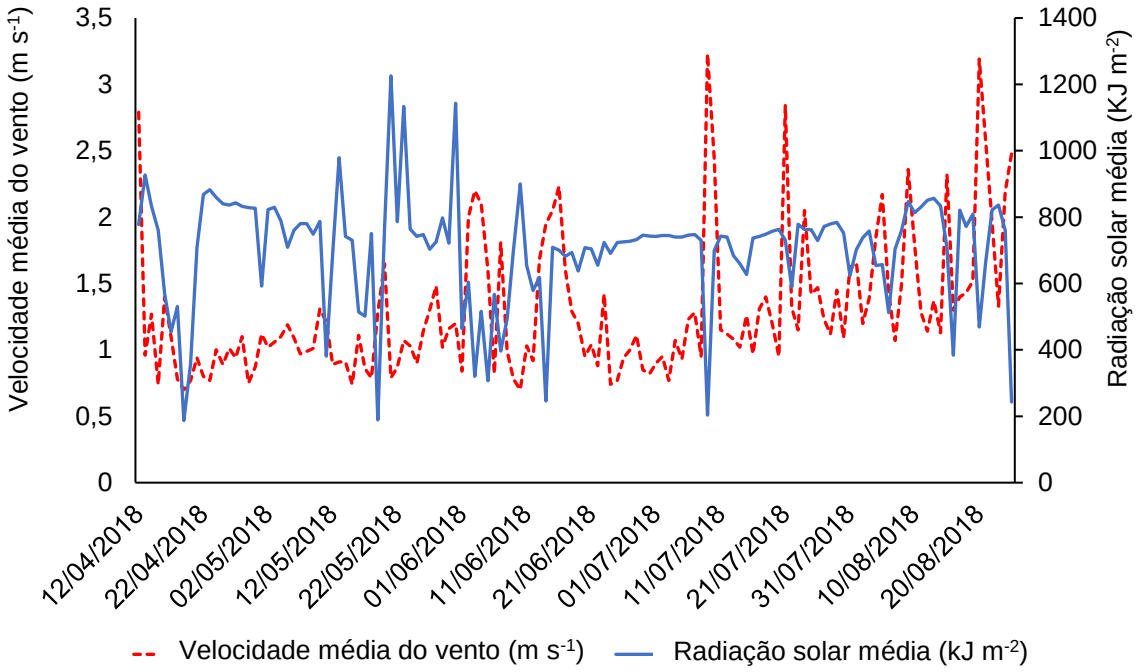

Figura 4. Valores médios de velocidade do vento e radiação solar durante a realização do experimento no município de Rondonópolis – MT no período de 12/04/2018 a 25/08/2018. Fonte: http:/inmet.gov.br.

As variações da temperatura média do ar, obtida pela média entre as temperaturas mínimas e máximas do dia, e a umidade relativa média do ar, sendo a média entre as máximas e mínimas do dia, podem ser observadas na Figura 5. A temperatura média do ar mais alta foi de 30,37 °C e a mais baixa de 16,65 °C, verificadas nos dias 24 de agosto e 9 e julho, respectivamente. A umidade relativa média do ar teve seu ponto mais alto no dia 19 de abril com 91,48%, e mais baixo no dia 14 de agosto com umidade relativa média de 41,15%.

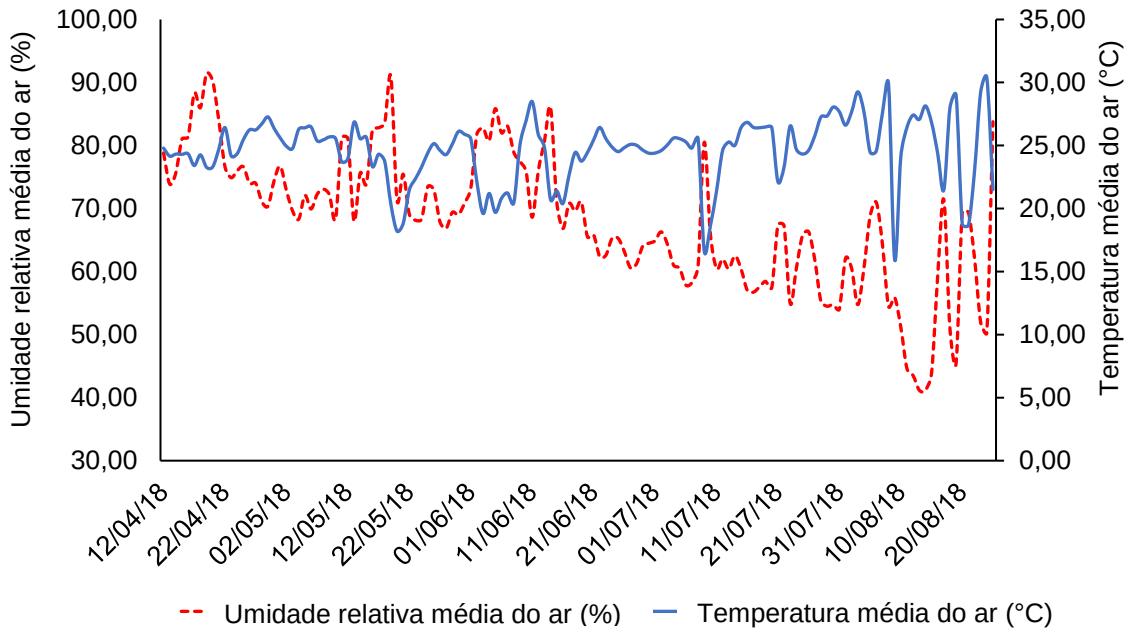

Figura 5. Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar durante a realização do experimento no município de Rondonópolis – MT no período de 12/04/2018 a 25/08/2018. Fonte: http:/inmet.gov.br.

3.2 Caracterização experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas consistidas por cinco lâminas de irrigação [40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura (ETc)] e as sub-parcelas por cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1}), em arranjo fatorial 5x5, com quatro repetições, perfazendo 100 unidades experimentais (Figura 6)

As unidades experimentais, compostas pelas sub-parcelas, tiveram as dimensões de 2,5 m de comprimento e 2,7 m de largura, totalizando uma área total de 6,75 m^2. O espaçamento entre plantas foi de 0,5 m e entre linhas de 0,9m. A área útil foi composta por 3 plantas centrais, resultando em uma área de 1,35 m^2. O experimento teve uma área total de 675 m^2, e uma área útil total de 135 m^2 (Figura 7).

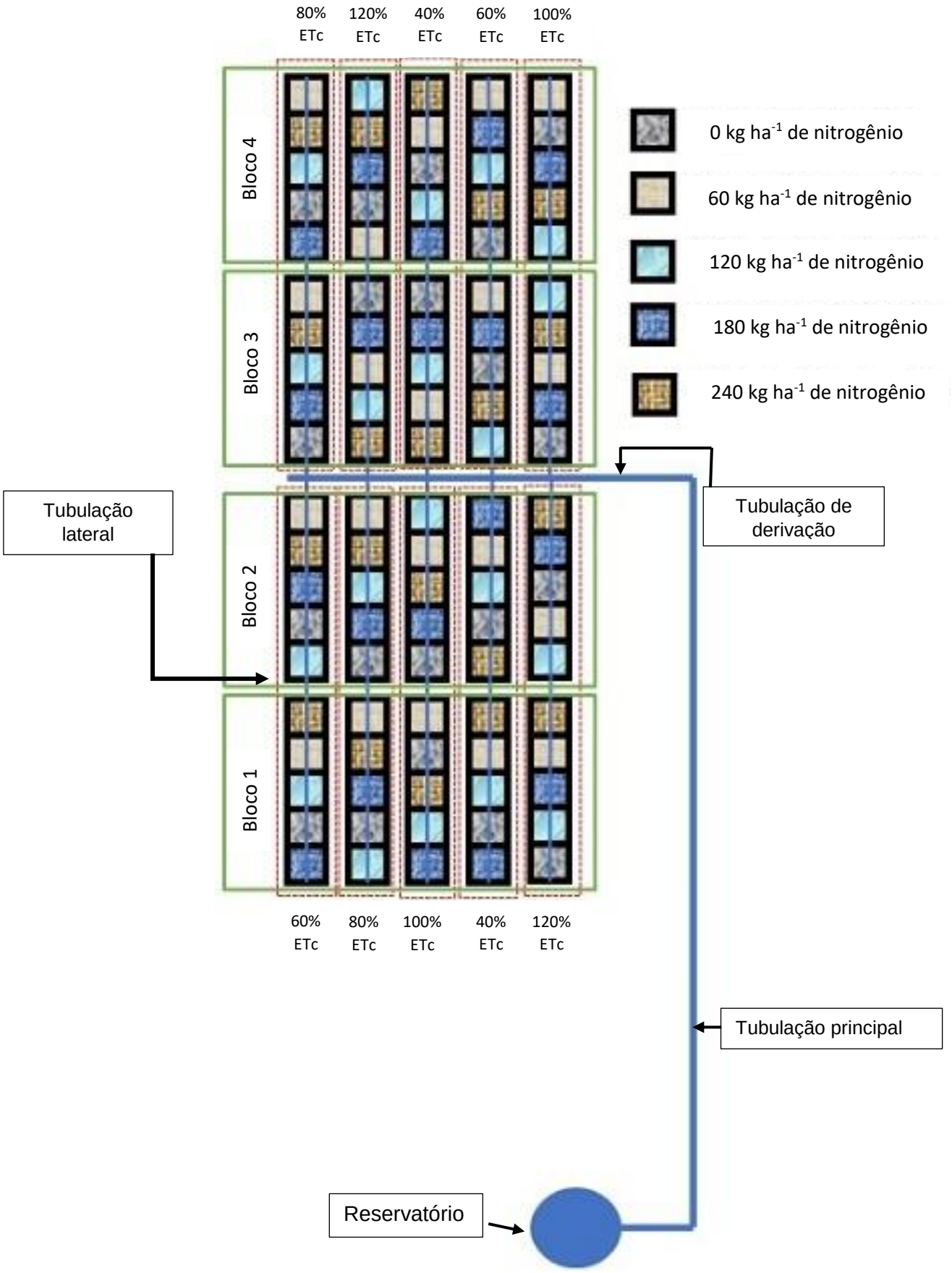

Figura 6. Descrição da disposição dos tratamentos no campo da área experimental com pimenta biquinho.

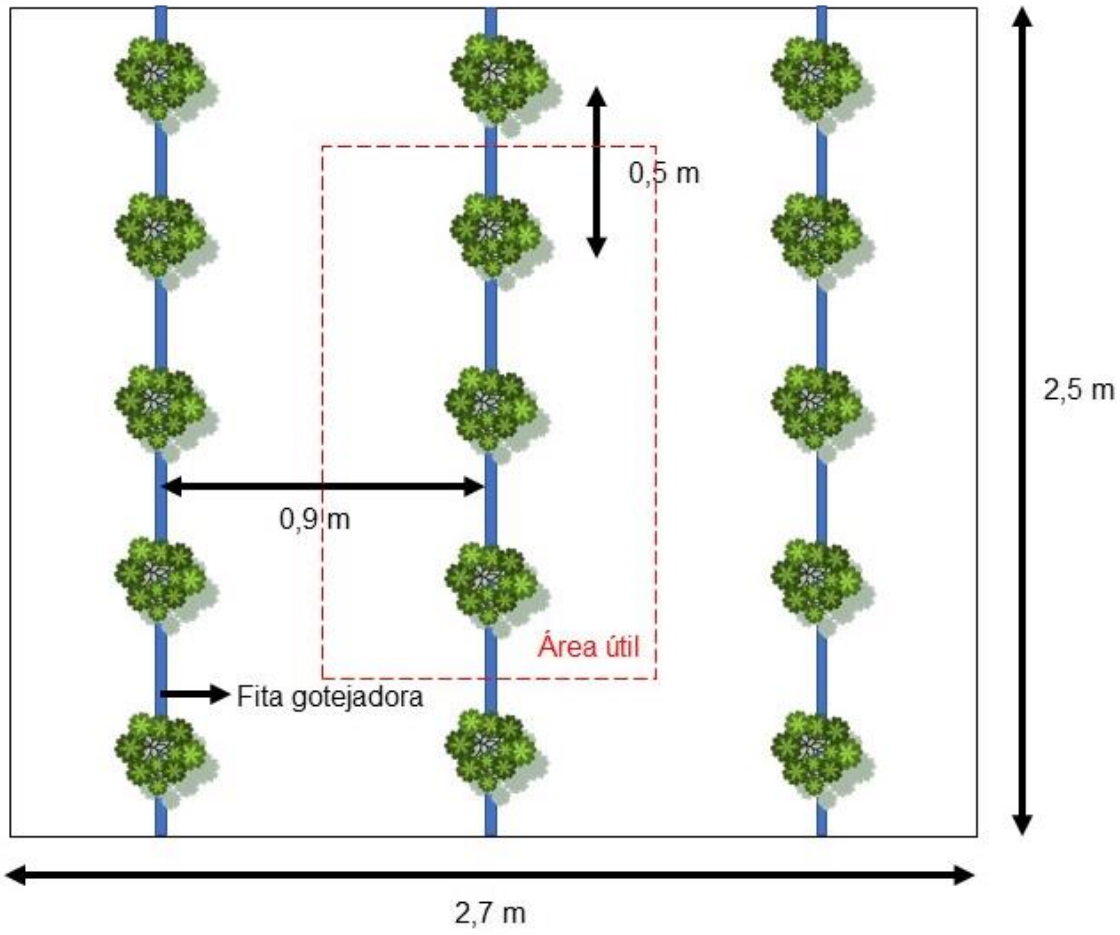

Figura 7. Caracterização da unidade experimental com pimenta biquinho constituída pela sub-parcela. Rondonópolis – MT, 2018.

3.3 Coleta, caracterização e correção do solo

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2018). Para a caracterização química e granulométrica do solo (Tabela 1), realizou-se uma amostragem (EMBRAPA, 1997), na profundidade de 0 – 0,20 m (Figura 8).

Figura 8. Coleta de amostras de solo na profundidade de 0 – 0,20, com o trado tipo calador para caracterização química e granulométrica para fins de fertilidade do solo.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área experimental na profundidade de 0 – 0,20 m, antes da instalação do experimento.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	MO	Silte	Areia	Argila
$CaCl_2$	mg dm^{-3}		----------cmol$_c$ dm^{-3}----------						%	----------g kg^{-1}----------			
4,8	5,2	82	1,4	0,8	0	2,7	2,4	5,1	47,2	14,9	136	407	457

De acordo com os resultados da análise do solo, aplicou-se calcário dolomítico ($CaCO.MGgCO_3$) com PRNT de 86%, para elevar a saturação por bases a 80%. A aplicação foi feita a lanço, e após realizou-se a sua incorporação com uma grade leve com profundidade de 30 cm, acoplada a um trator (Figura 9). O calcário foi aplicado ao solo no dia 23 de janeiro de 2018, reagindo por um período de 81 dias.

Figura 9. Área experimental após a aplicação manual de calcário dolomítico para correção da acidez e elevação da saturação por bases.

3.4 Produção de mudas de pimenta biquinho

Para a produção das mudas de pimenta biquinho, utilizou-se a cultivar BRS Moema, desenvolvida pela Embrapa, que devido ao tamanho diminuto das sementes, foi necessário produzir mudas para posteriormente serem transplantadas na área experimental. As sementes foram semeadas em bandejas de plástico (poliestireno), com capacidade para produzir 98 mudas (Figura 10). O estande de plantas na área experimental foi de 1500 mudas sendo que, por segurança foram produzidas 30% a mais, sendo necessárias 20 bandejas.

Figura 10. Semeadura de pimenta biquinho cultivar BRS Moema em bandejas de plástico.

As mudas foram produzidas em casa de vegetação (Figuras 11 e 12) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, localizada no Câmpus Universitário de Rondonópolis, da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada próxima a área experimental. Nesse ambiente, as plantas se desenvolveram em condições controladas, sendo isentas a intempéries climáticas. O plantio das sementes foi realizado no dia 2 de março de 2018, e após um período de 43 dias, no dia 14 de abril, transplantou-se as mudas para o campo, quando as mesmas atingiram uma altura de média de 8 cm.

Figura 11. Mudas de pimenta biquinho 30 dias após a semeadura.

Figura 12. Casa de vegetação utilizada para a produção das mudas da pimenta biquinho, localizada na Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Rondonópolis.

3.5 Sistema de irrigação por gotejamento

3.5.1 Reservatório de água

A água utilizada para a irrigação das plantas durante a realização do experimento foi captada em uma caixa d'água, com capacidade para armazenamento de 5 mil litros de água (Figura 13), localizada a 53 metros de distância do centro da área experimental. O reservatório estava alocado em uma base de alvenaria com 1 metro de altura e uma área de 2 m^2.

Figura 13. Reservatório de água, com capacidade para 5 mil litros de água, utilizado para irrigar as plantas durante o período de realização do experimento.

3.5.2 Cabeçal de controle

Para o manejo da irrigação utilizou-se uma motobomba centrífuga com potência de ½ CV – sistema monofásico. A bomba exercia a pressão máxima de 20 mca (metros de coluna d'água) com vazão de 6,7 m^3 h^{-1} (Figura14).

Figura 14. Bomba centrífuga utilizada no sistema de irrigação.

Após o bombeamento, a água passou por um filtro de tela para a contenção de possíveis impurezas presentes na água, como solo e restos vegetais, evitando assim a obstrução dos gotejadores (Figura 15). Regularmente a limpeza do filtro era realizada para retirar as impurezas contidas.

Figura 15. Filtro de tela utilizado no sistema de irrigação.

Para a regulagem da pressão de serviço do sistema, foram conectados ao cabeçal de controle uma válvula de escape para auxiliar na pressurização, e um manômetro de glicerina, com capacidade máxima para leitura de 40 mca (Figura 16).

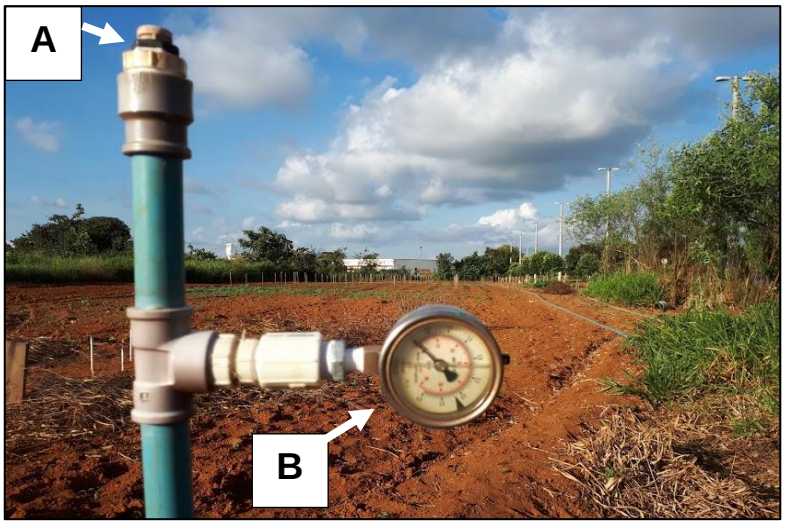

Figura 16. Válvula de escape (A) e manômetro (B) utilizado no sistema de irrigação.

3.5.3 Tubulação principal, de derivação e lateral

Após a passagem pelo cabeçal de controle, a água era conduzida por uma tubulação principal, composta por tubos de 50 mm e 55,5 m de comprimento. Após a condução da água pela tubulação principal, a água passava por uma tubulação de derivação, conectada a principal por uma conexão de 45°, composta por tubos de 50 mm e comprimento de 14 metros. Conectados a tubulação de derivação, as tubulações laterais foram compostas por fitas gotejadoras, com espaçamento de 0,1 m entre emissores, com vazão de 1,2 L h^{-1} em cada emissor (Figura 17). Na figura 18 pode ser observada a ilustração completa do sistema de irrigação.

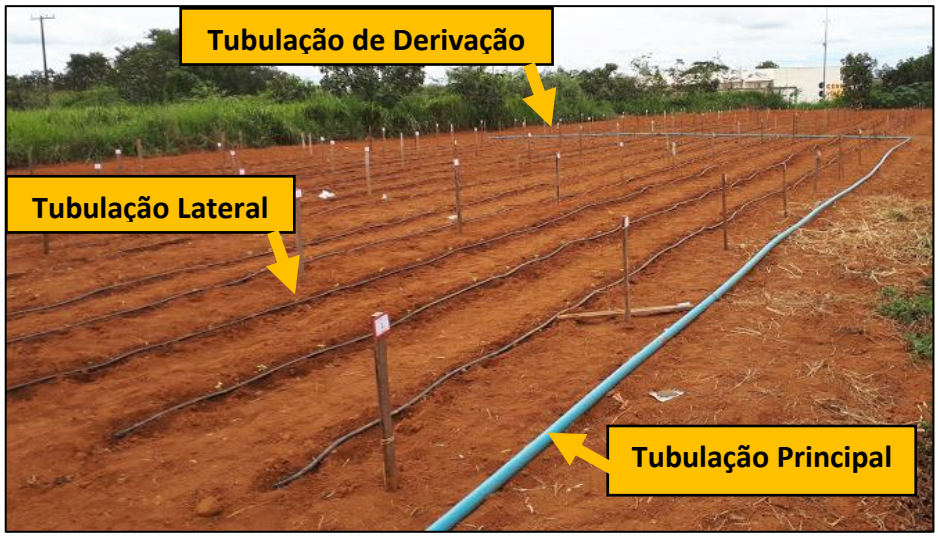

Figura 17. Sistema de irrigação montado na área experimental detalhando a linha principal, linha de derivação e linhas laterais.

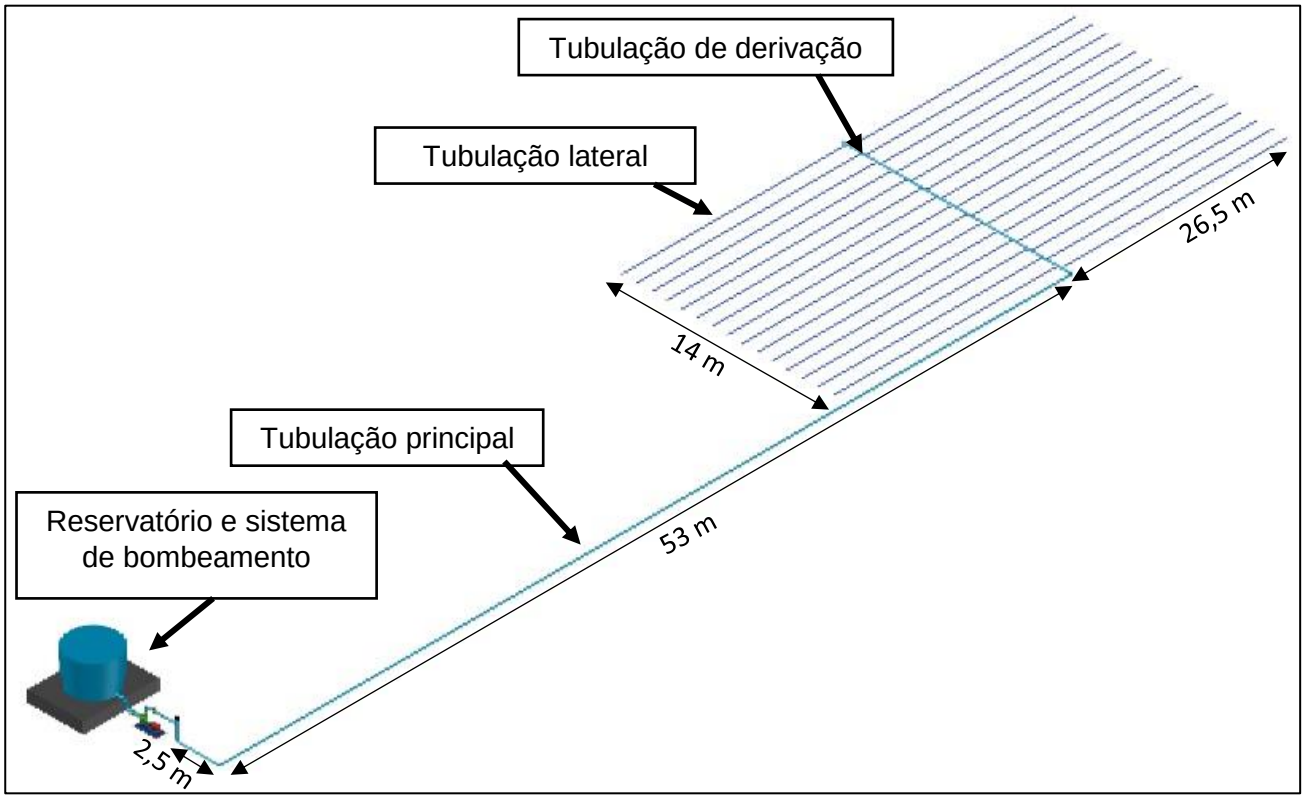

Figura 18. Ilustração completa do sistema de irrigação por gotejamento utilizado na realização do experimento com cultivo de pimenta biquinho.

3.6 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi realizado a partir da evapotranspiração de referência (ETo), estimada pela equação de Penman-Monteith (FAO), utilizando como fonte, dados meteorológicos coletados de estação automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada aproximadamente a 100 m da área experimental (Figura 19). Diariamente coletou-se os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, pressão atmosférica e radiação solar.

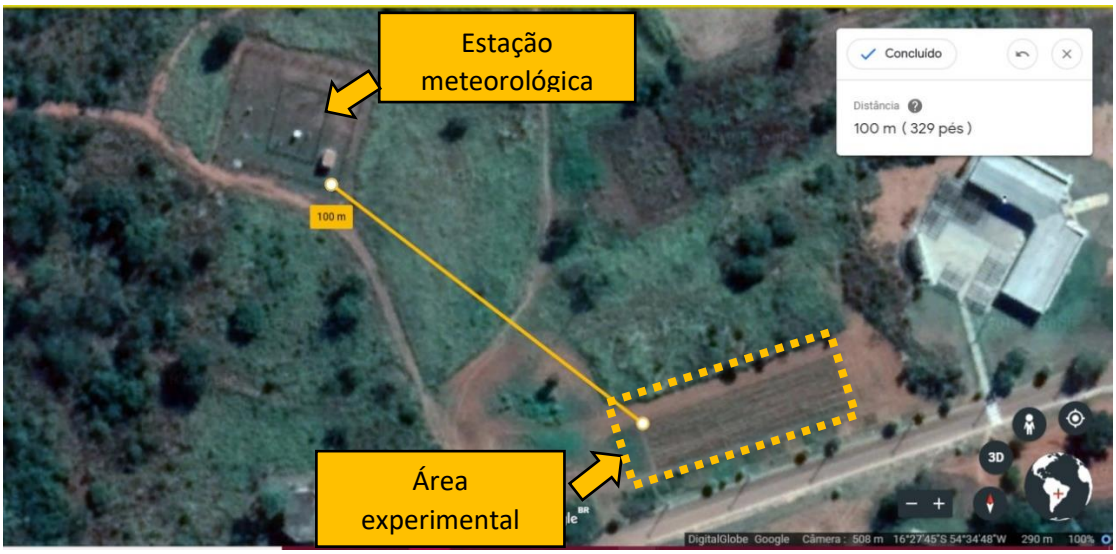

Figura 19. Vista aérea da estação meteorológica do INMET, localizada a cerca de 100 metros da área experimental. Rondonópolis, MT. Fonte: Google Earth.

Durante o período experimental o maior e menor valor da ETo obtido foi de, 5,5 mm e 1,26 mm, respectivamente. A ETo total obtida durante o período de realização do experimento foi de 474,42 mm. A precipitação total acumulada durante o período experimental foi 79,2 mm. Os valores de ETo e precipitação obtidos durante o período de realização do experimento podem ser observados na Figura 20.

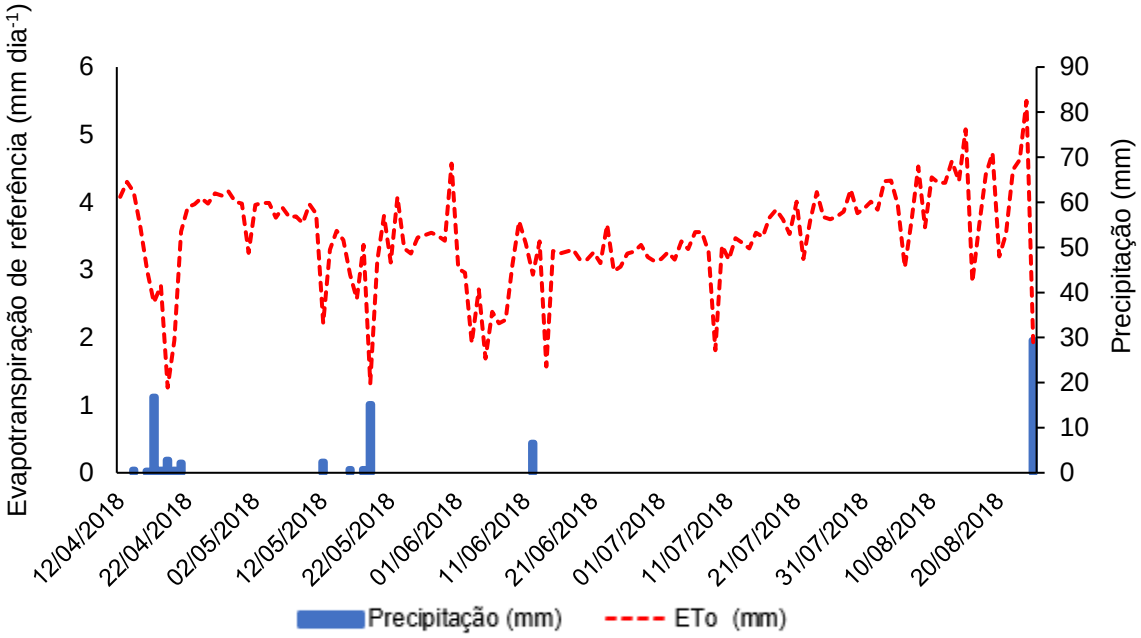

Figura 20. Valores de evapotranspiração de referência (ETo) e precipitação no período de 12/04/2018 a 25/08/2018, na estação do INMET de Rondonópolis – MT. Fonte: http:/inmet.gov.br.

Na Equação 1, podem ser observadas todas as variáveis que compõem o processo de determinação da evapotranspiração de referência (ETo), com a equação de Penman-Monteith.

$$ETo = \frac{0{,}408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} V_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0{,}34V_2)} \quad (1)$$

Em que:

ETo – evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

Δ – gradiente da curva de pressão de vapor pela temperatura (kPa °C^{-1});

Rn – radiação solar líquida (MJ $m^{-2}d^{-1}$);

G – fluxo de calor no solo (MJ $m^{-2}d^{-1}$);

γ – constante psicométrica (kPa °C^{-1});

V_2 – velocidade do vento (m s^{-1});

e_s – pressão de saturação do vapor de água atmosférica (kPa);

e_a – pressão atual do vapor de água atmosférica (kPa);

T – temperatura média do ar (°C).

Os valores da ETo obtidos diariamente durante o período de realização do experimento podem ser observados no anexo 1, assim como a precipitação correspondente.

A partir da ETo, calculava-se a evapotranspiração da cultura (ETc) (Equação 2), multiplicando pelo coeficiente de cultivo (Kc), que variou de acordo com a fase de desenvolvimento da cultura (Tabela 3).

$$ETc = ETo \times Kc \qquad (2)$$

Em que:

ETc – evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1});
ETo - evapotranspiraçao de referência (mm d^{-1});
Kc – coeficiente de cultivo.

Na Tabela 2, podem ser observados os valores de Kc adotados para as fases de desenvolvimento da cultura, tendo como referência a cultura do pimentão (ALLEN et al., 1996), devido à ausência de informações a respeito do Kc da pimenta biquinho.

Tabela 3. Valores de coeficiente de cultivo utilizados para a cultura, nos respectivos períodos.

Estádio fenológico	Fase	Kc	Período
I	Inicial	0,4	12/04 a 14/05
II	Desenvolvimento	1,1	15/05 a 21/07
III	Maturação	0,8	22/07 a 25/08

As irrigações foram realizadas diariamente e feitas de acordo com os respectivos tratamentos, sendo: L1 – 40% da ETc, L2 – 60% da ETc, L3 – 80% da ETc, L4 – 100% da ETc e L5 – 120% da ETc. A partir do valor obtido para a ETc foram efetuados os cálculos para determinar o tempo necessário de irrigação em cada tratamento (Equações 3 a 7).

Descrição do cálculo para o tempo de irrigação localizada

a) Determinação do coeficiente de ajuste:

De acordo Bernardo et al. (1996), determinou-se o coeficiente de ajuste (Ka), para plantas com cultivo espaçado, a partir da porcentagem da área molhada (PIZZARRO-CABELLO, 1996).

$$P = \frac{100 \times Nep \times \frac{(\pi \times d^2)}{4}}{Sp \times Sl} \quad (3)$$

Em que:

P - porcentagem da área molhada (%);

Nep - número de gotejadores por planta;

d - diâmetro observado da área molhada pelo emissor (m);

Sp - espaçamento entre plantas (m);

Sl - espaçamento entre tubulações (m).

De acordo com o valor obtido de porcentagem da área molhada (58,09%), verificou-se que o mesmo se encontrava entre o intervalo de 20% e 65%, sendo assim, para determinar o coeficiente de ajuste (Ka) do sistema utilizou-se a Equação 4.

$$Ka = (0{,}109 \times P) + 0{,}3 \quad (4)$$

b) Determinação da lâmina de irrigação:

Para a determinação da lâmina de irrigação (Equação 5), foi utilizado o valor de Ka (0,93), obtido na equação 4.

$$ETc_{loq} = (ETo \times Kc) \times Ka \quad (5)$$

Em que:

ETc_{loq} – irrigação real necessária (mm);

ETo – evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

Kc – coeficiente de cultivo;

Ka – coeficiente de ajuste.

Para a obtenção da lâmina de irrigação, considerando a eficiência do uso da água em 90%, utilizou-se a equação 6.

$$ITN = \frac{ETc_{loq}}{Ef} \quad (6)$$

Em que

ETc_{loq} – irrigação real necessária (mm);

ITN – irrigação total necessária (mm);

Ef – eficiência do sistema (%).

c) Determinação do tempo de irrigação:

Para a determinação do tempo de irrigação foi utilizada a equação 7.

$$T = \frac{ITN \times Se \times Sl}{Q} \quad (7)$$

Em que:

T – tempo (h);

ITN – irrigação total necessária (mm);

S_e – espaçamento entre emissores (m);

Sl – espaçamento entre linhas (m);

Q – vazão do emissor (L h^{-1}).

O volume aplicado de água, por fase de desenvolvimento da planta e total, conforme os tratamentos durante o período de realização do experimento podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 2. Volume de água total aplicada e em cada fase de desenvolvimento da planta de pimenta biquinho conforme os tratamentos estabelecidos para o manejo da irrigação.

	Estádio fenológico			
	I	**II**	**III**	**Total**
Tratamentos	**mm m^{-2}**			
40% da ETc	64,03	116,87	75,27	256,17
60% da ETc	96,04	175,31	112,91	384,26
80% da ETc	128,06	233,75	150,55	512,36
100% da ETc	160,08	292,19	188,19	640,46
120% da ETc	192,09	350,62	225.82	768,53

3.7 Manejo da adubação

A adubação com macro e micronutrientes foram adaptadas (RIBEIRO et al 1999) da cultura do pimentão, espécie da mesma família da pimenta biquinho (*Solanaceae*), devido à falta de recomendações específicas para o seu cultivo no Cerrado Mato-Grossense.

Foram adicionados ao solo por ocasião do transplantio das mudas, em covas, correspondente a 300 kg ha^{-1} de fósforo (P_2O_5), na forma de Super Fosfato Triplo (45% de P_2O_5), 20 kg ha^{-1} de enxofre (S), na forma de enxofre elementar (99% de S) e 50 kg ha^{-1} de micronutrientes, na forma de FTE BR 12 (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).

As adubações nitrogenadas e potássicas foram parceladas e aplicadas simultaneamente de forma manual, via solução aquosa, de acordo com as doses

recomendadas, sendo 240 kg ha^{-1} de potássio (K_2O) e o nitrogênio de acordo com os tratamentos (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de N). Utilizou-se como fonte da adubação potássica o cloreto de potássio (KCl), com 58% de K_2O, e para nitrogenada a ureia (CH_4N_2O), com 45% de nitrogênio. Nas Tabelas 5 e 6 pode ser observado o parcelamento do potássio e das doses de nitrogênio, nas respectivas datas de aplicação e porcentagem recomendada para cada aplicação.

Tabela 3. Detalhamento do parcelamento da adubação potássica, de acordo com a data e porcentagem de adubação de acordo com a recomendação total.

Parcelamento	Data	K_2O	
		%	Kg ha^{-1}
Transplantio	14/04	20	48
1	27/04	10	24
2	18/05	10	24
3	14/06	10	24
4	12/07	15	36
5	26/07	20	48
6	09/07	15	36
Total		**100**	**240**

Tabela 4. Parcelamento da adubação nitrogenada de acordo com os tratamentos, data e porcentagem da recomendação.

Parcelamento	Data	N					
		%	D1	D2	D3	D4	D5
Transplantio	14/04	20	0	12	24	36	48
1	27/04	10	0	6	12	18	24
2	18/05	10	0	6	12	18	24
3	14/06	15	0	9	18	27	36
4	12/07	15	0	9	18	27	36
5	26/07	20	0	12	24	36	48
6	09/07	10	0	9	18	27	36
Total		**100**	**0**	**60**	**120**	**180**	**240**

Tratamentos: D1- testemunha (0 kg ha^{-1} de N); D2 – 60 kg ha^{-1}; D3 – 120 kg ha^{-1}; D4 – 180 kg ha^{-1}; D5 – 240 kg ha^{-1}. N – nitrogênio.

3.8 Monitoramento de pragas e doenças

Durante a realização do experimento houve o monitoramento diário das plantas para observar a incidência de ataques de pragas e doenças. Observou-se

após o transplantio das mudas o aparecimento da vaquinha (*Diabrotica speciosa*), acarretando na necessidade de se aplicar defensivos agrícolas para contê-la, visto o dano que ela poderia causar ao desenvolvimento das plantas. Aplicou-se nos dias 20/05, 09/06, 30/06,14/07 e 28/07, 400 mL ha^{-1} do produto Fastac duo®, cujo princípio ativo é a Acetamiprido/Alfa-Cipermetrina.

Para a aplicação uniforme em toda área experimental utilizou-se uma bomba com 20 Litros de solução, de acordo com a recomendação dos produtos. Para uma melhor eficiência na cobertura das plantas, aplicou-se juntamente ao produto, 4 mL $20L^{-1}$ do adjuvante Wilfix, que auxilia na quebra da tensão superficial da água promovendo uma melhor uniformidade da solução nas plantas.

3.9 Variáveis analisadas

3.9.1 Variáveis vegetativas

Durante o desenvolvimento da cultura avaliou-se a altura das plantas e o diâmetro do dossel, ambos com uma régua graduada, o número de folhas contadas manualmente, o diâmetro do caule com o auxílio de um paquímetro digital e o índice de clorofila (SPAD), com o medidor de clorofila portátil Minolta (Figuras 21 e 22).

Figura 21. Determinação da altura (A) e diâmetro (B) das plantas.

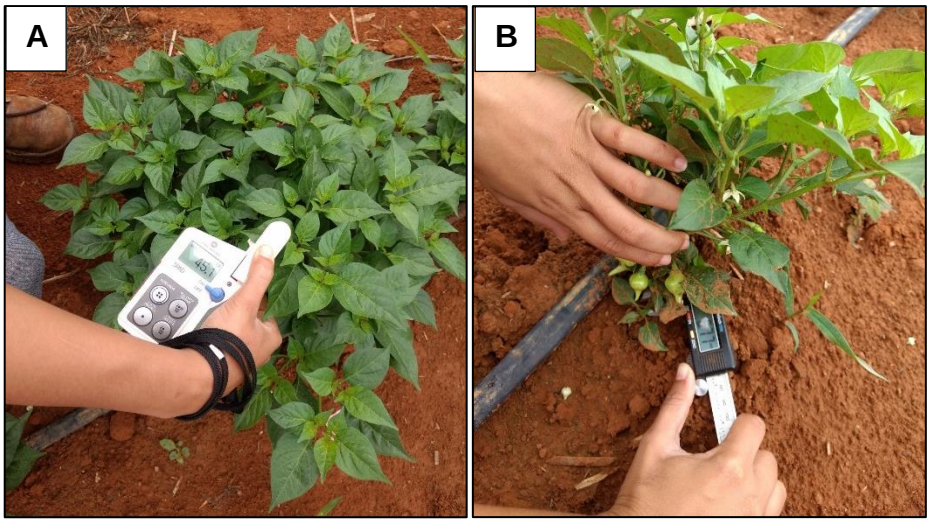

Figura 22. Análise do índice de clorofila (A) e diâmetro de caule das plantas (B) de pimenta biquinho, Rondonópolis, MT, 2018.

3.9.2 Variáveis produtivas

Avaliou-se o diâmetro e comprimento dos frutos (Figura 23), com o auxílio de um paquímetro digital, de uma amostra dos 10 primeiros frutos maduros colhidos em cada unidade experimental.

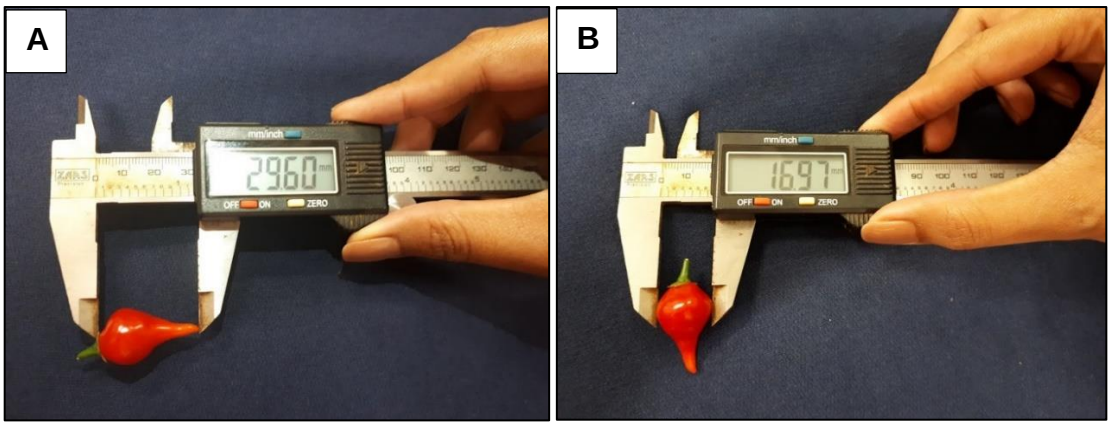

Figura 23. Análise do comprimento (A) e diâmetro (B) dos frutos da pimenta biquinho.

Analisou-se a massa fresca e seca por planta dos frutos maduros colhidos durante um período de 45 dias de produção, e estimou-se a sua produtividade por hectare (Figura 24). As massas dos frutos foram aferidas com o auxílio de uma

balança semi-analítica. Os frutos foram secos em estufa de circulação forçada a 65°C até atingir a massa constante (Figura 25).

Figura 24. Planta de pimenta biquinho cultivar BRS Moema cultivada no presente estudo em estádio de maturação.

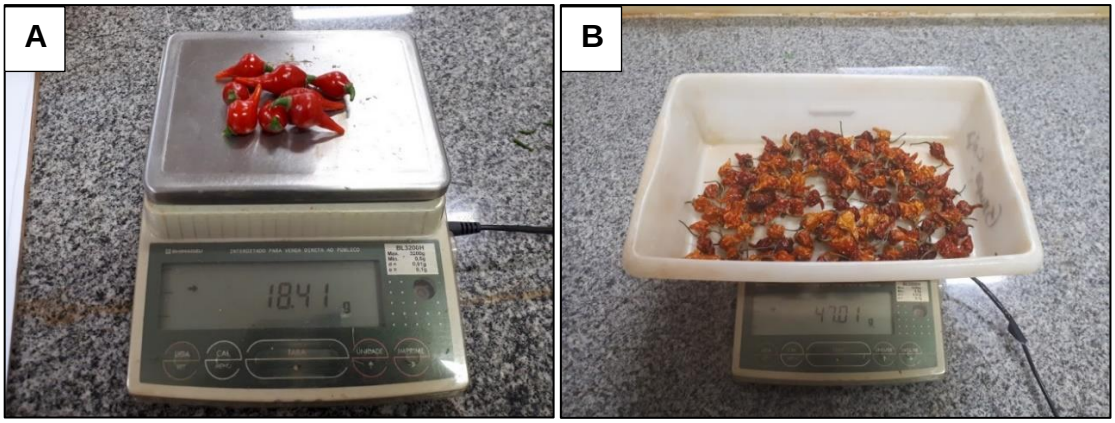

Figura 25. Pesagem da massa fresca (A) e massa seca (B) dos frutos da pimenta biquinho.

O número de frutos maduros foi contabilizado manualmente. O teor de sólidos solúveis (° Brix), foi medido com a utilização de um refratômetro portátil (Figura 26).

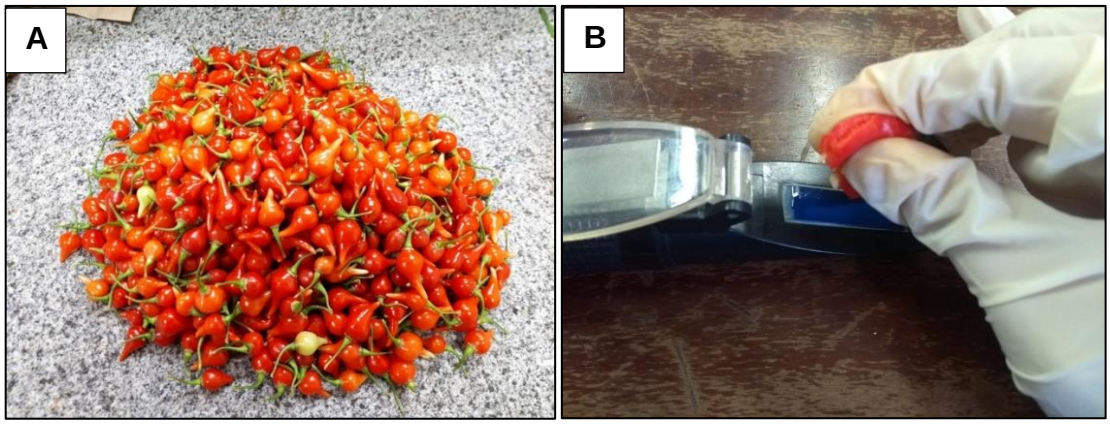

Figura 26. Contagem manual dos frutos (A) e análise de sólidos solúveis (°Brix), com o auxílio do refratômetro portátil (B).

3.9.3 Consumo e produtividade da água

O consumo de água foi quantificado desde o primeiro dia do transplantio das mudas até o corte das plantas, de acordo com cada tratamento acrescentando as precipitações efetivas que ocorreram durante o período. A produtividade da água foi calculada e determinada pela razão entre a produção de frutos frescos e o consumo de água.

3.10 Análise estatística

A significância do modelo de superfície de resposta e os termos (linear, quadrático e interação) foi verificada pela análise de variância e a falta de ajuste (“Lack fit”) com nível de 5% de probabilidade determinada pelo teste F, conforme descrito por Cirillo (2015).

Quando os critérios de seleção do modelo de superfície de resposta não foram atendidos, estudou-se os efeitos isolado e interação dos fatores mediante ao estudo da análise de regressão polinomial, observando os resultados do teste F ($p<0,05$) da análise de variância e do teste t de Student ($p<0,05$). As variáveis que não apresentaram ajuste aos modelos lineares, foram discutidas por meio da estatística descritiva com uso do gráfico Box-plot.

Para a análise estatística dos dados utilizou-se o software livre (R Core Team, 2018). O pacote RSM (Russell & Lenth, 2009), foi a ferramenta utilizada para o modelo de superfície de resposta, e a análise de variância foi implementada utilizando funções disponíveis no pacote ExpDes.pt (Ferreira, Cavalcanti e Nogueira, 2013). Para verificar a transformação mais adequada para alcançar o comportamento aproximadamente gaussiano utilizou-se a família de transformações Box-Cox por meio do pacote MASS (Venables & Ripley, 2002). A construção dos gráficos foi realizada pelo pacote ggplot2 (Wickham, 2009) e Lattice (Sarkar, 2008).

4. Resultados e discussões

4.1 Análise de Superfície de resposta

Observou-se regressão significativa para as variáveis altura de plantas aos 45 e 60 dias após o transplantio, índice de clorofila aos 45, 60, 90 e 120 dias após o transplantio, e eficiência do uso da água, indicando que o modelo de superfície de resposta com efeitos linear, quadrático e interação pode ser adotado para explicar as variáveis relacionadas ao cultivo da pimenta biquinho. A aceitação do modelo também se deve ao fato do desvio de regressão não ser significativo, indicando ausência de anormalidade nos dados

4.2 Análise de variância

Não houve interação significativa entre lâminas de irrigação x doses de nitrogênio para nenhuma das características estudadas. Contudo, para os fatores isolados houve diferença significativa ($p<0,05$) entre a doses de nitrogênio para altura de plantas aos 90 dias após o transplantio, número de folhas, diâmetro de caule, diâmetro de dossel, número de frutos, massa fresca de frutos, massa seca de frutos e produtividade. As variáveis comprimento de frutos, diâmetro de frutos, sólidos solúveis e massa média do fruto, não apresentaram diferenças significativas entre os fatores isolados. As análises de variância de todas as variáveis estudadas podem ser observadas nas tabelas 1 a 5 no Anexo 2.

4.3 Variáveis analisadas

4.3.1 Altura de plantas

Para a altura de plantas de pimenta biquinho aos 45 dias após o transplantio, verificou-se superfície de resposta com um ponto de máxima, devido as estimativas dos autovalores serem negativas. Observou-se o ponto máximo para a lâmina de irrigação de 88,46 % da ETc e a dose de 106, 36 kg ha^{-1} de nitrogênio. No ponto estacionário a altura máxima das plantas foi de 19,08 cm, com um incremento de

38,72% em relação a ausência da adubação nitrogenada aliada a menor lâmina de irrigação (40% da ETc) (Figura 27 A).

Aos 60 dias após o transplantio (Figura 27 B), a altura de plantas apresentou uma superfície de resposta com ponto de sela, pois um autovalor tem sinal negativo e outro sinal positivo. Observou-se no ponto estacionário, uma altura média de plantas de 27,16 cm, com a lâmina de irrigação de 74,57 % da ETc e a dose de 107,11 kg ha^{-1} de nitrogênio. Com a lâmina de 40% da ETc aliada à dose de nitrogênio de 107,11 kg ha^{-1}, obteve-se uma altura média de plantas de 27,16 cm, sendo um incremento 39,69% em relação a mesma dose de nitrogênio associada a lâmina de 120% da ETc (16,37 cm).

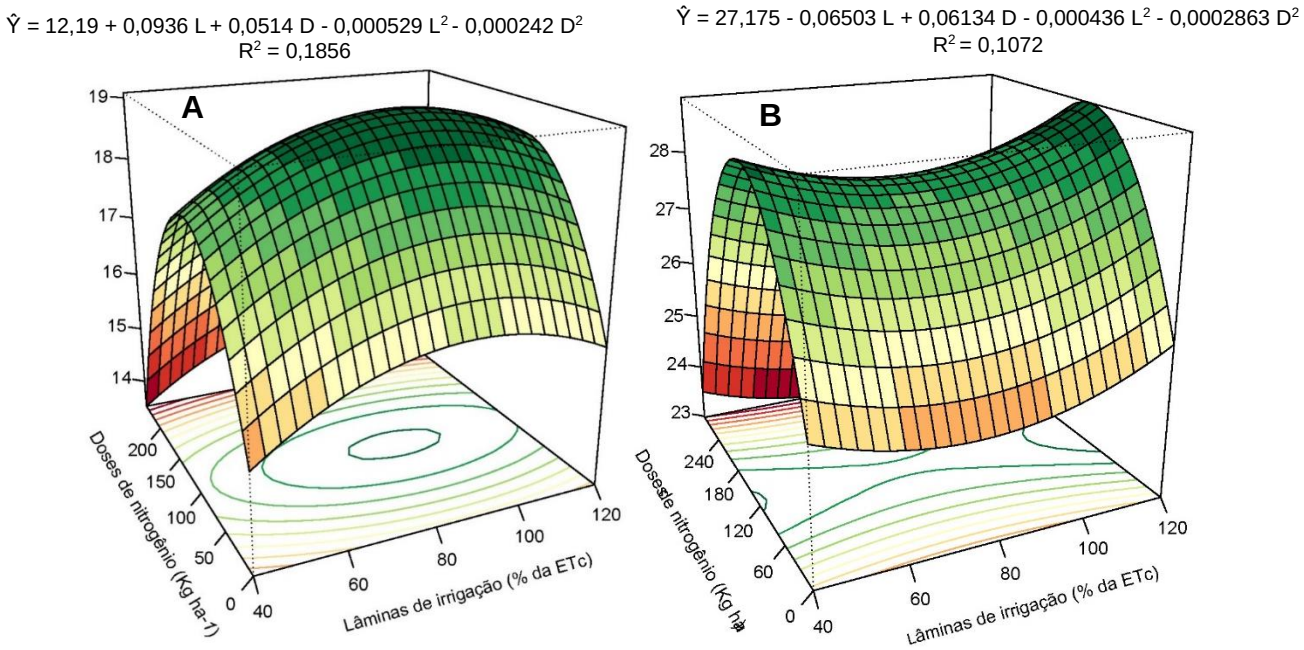

Figura 27. Altura de plantas de pimenta biquinho cv. BRS Moema aos 45 (A) e 60 (B) dias após o transplantio, em relação as lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.

Na avaliação da altura de plantas de pimenta biquinho aos 90 dias após o transplantio, não foi observado diferença significativa para os efeitos quadrático, linear e interação ($p \leq 0,05$) para o modelo de superfície de resposta, todavia foi observado efeito significativo isolado para as doses de nitrogênio com ajuste ao modelo quadrático de regressão polinomial. A maior altura de plantas (44,95 cm) pôde ser observada com a dose de 121,13 kg ha^{-1} de nitrogênio, apresentando um

incremento de 10,34% em relação as plantas com ausência da adubação nitrogenada (Figura 28 A). Não foi observado efeito significativo na altura das plantas aos 90 DAT em relação as lâminas de irrigação (Figura 28 B).

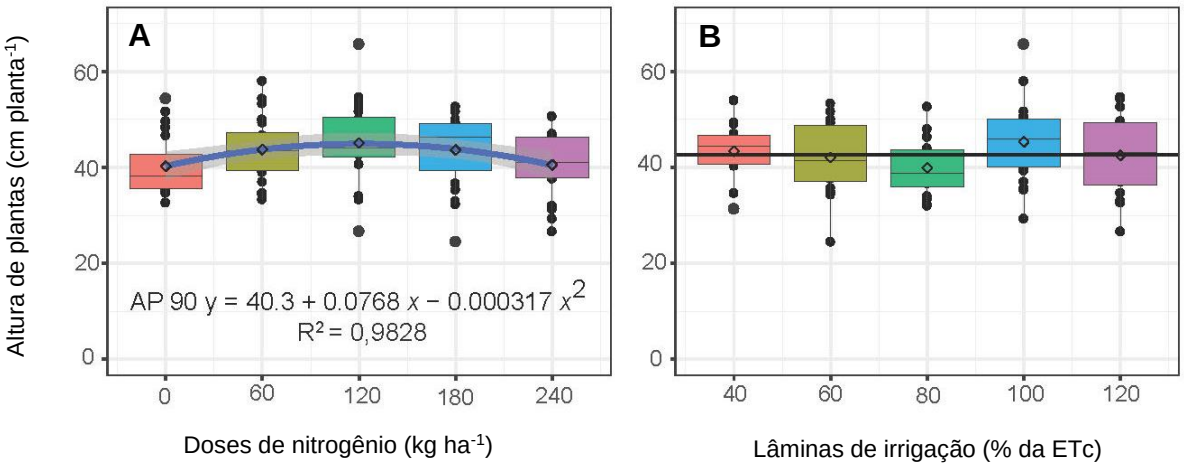

Figura 28. Altura de plantas de pimenta biquinho cv. BRS Moema aos 90 dias após o transplantio, em relação as doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B).

Khan et al. (2010), observaram diferenças significativas entre a altura de plantas de pimentão submetidas a doses de nitrogênio durante todo período de desenvolvimento das plantas, da primeira floração a colheita.

Em discordância aos resultados observados para as lâminas de irrigação no presente estudo, Rodrigues (2017), estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação na pimenta biquinho cv. BRS Moema, verificou diferença significativa na altura de plantas, onde a lâmina de 75% da capacidade de pote proporcionou a maior altura de plantas (54,3 cm).

Dedini (2012), estudando a pimenta biquinho cultivar Iracema em sistema orgânico observou valores de alturas de plantas inferiores ao observado neste estudo, sendo de 29,46 cm aos 90 dias após o transplantio das mudas.

Santos (2018), estudando o desenvolvimento da pimenta biquinho cultivar BRS Moema, obteve altura média de plantas de 49,4 cm, afirmando que maiores alturas são importantes, principalmente, para melhorar a eficiência da colheita, visto que é uma prática manual e dispendiosa para os produtores rurais.

4.3.2 Número de folhas

As avaliações em relação ao número de folhas da pimenta biquinho apresentaram diferença não significativa para os efeitos quadrático, linear e interação ($p \leq 0,05$) para o modelo de superfície de resposta, e significância isolada para as doses de nitrogênio aos 45 e 60 dias após o transplantio das mudas, com ajuste ao modelo quadrático de regressão polinomial. O maior número de folhas (109,32 folhas planta^{-1}) aos 45 dias após o transplantio foi observado com a dose de 102,52 kg ha^{-1} de nitrogênio, com um incremento de 37,88% em relação a testemunha (0 kg ha^{-1} de nitrogênio) (Figura 29 A).

Aos 60 dias após o transplantio o maior número de folhas foi obtido com a dose de 114,73 kg ha^{-1} de nitrogênio, obtendo um número de 279 folhas por planta^{-1} (Figura 29 C). Observou-se com a dose que proporcionou um maior número de folhas um incremento de 44,54% em relação a ausência da adubação nitrogenada. As lâminas de irrigação aos 45 e 60 dias após o transplantio não apresentaram diferença significativa em relação ao número de folhas de pimenta biquinho (Figuras 29 B e D).

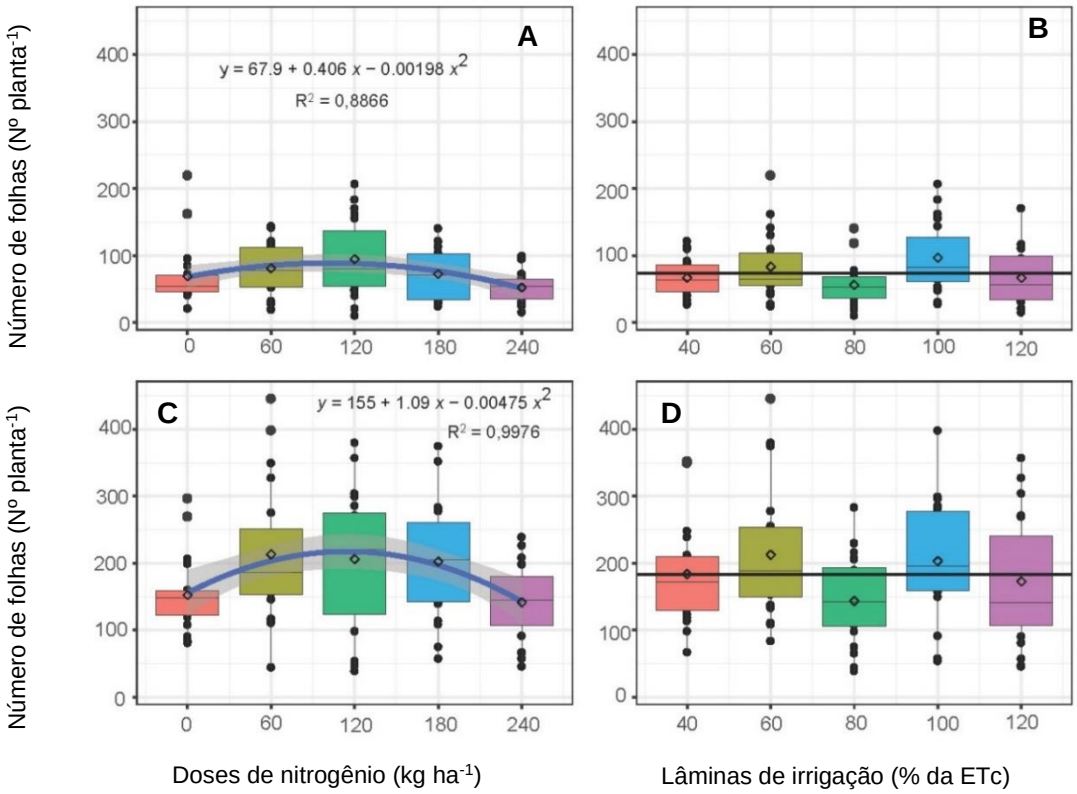

Figura 29. Número de folhas em relação as doses de nitrogênio aos 45 DAT (A) e 60 DAT (C), e lâminas de irrigação aos 45 DAT (B) e 60 DAT (D).

O nitrogênio compõe a molécula da clorofila, responsável pela fotossíntese, atuando na síntese de proteínas e no processo de divisão e expansão celular. A dose de nitrogênio que proporcionou o maior número de folhas, foi a que mais adequadamente suprimiu a necessidade do nutriente pelas plantas. Os resultados corroboram com Khan et al. (2014), que observaram diferença significativa entre as doses de nitrogênio no cultivo do pimentão, onde o máximo número de folhas (294 folhas planta^{-1}) foi obtido com a dose de 180 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Silva et al. (2017), trabalhando com lâminas de irrigação na cultura da pimenta malagueta, também não observaram diferenças significativas entre os números de folhas das pimenteiras em função dos tratamentos.

4.3.3 Diâmetro do dossel

Para o diâmetro do dossel das plantas de pimenta biquinho não houve diferença significativa para os efeitos quadrático, linear e interação ($p \leq 0,05$) para o modelo de superfície de resposta. Entretanto, houve efeito significativo isolado para as doses de nitrogênio, com ajuste ao modelo quadrático de regressão, aos 45 e 60 DAT. Aos 45 DAT. Observou-se um diâmetro máximo de 24,52 cm com a dose de nitrogênio de 93,54 kg ha^{-1}, havendo um incremento no diâmetro de 19,24% em relação a testemunha. Com 60 dias após o transplantio obteve-se um diâmetro máximo de 40,65 cm com a dose de 112,54 kg ha^{-1} de nitrogênio, com incremento de 15,62% em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada. As doses se nitrogênio não apresentaram diferença significativa aos 90 dias após o transplantio e as lâminas de irrigação não apresentaram diferença significativa aos 45, 60 e 90 dias após o transplantio (Figuras 30 B, D e F).

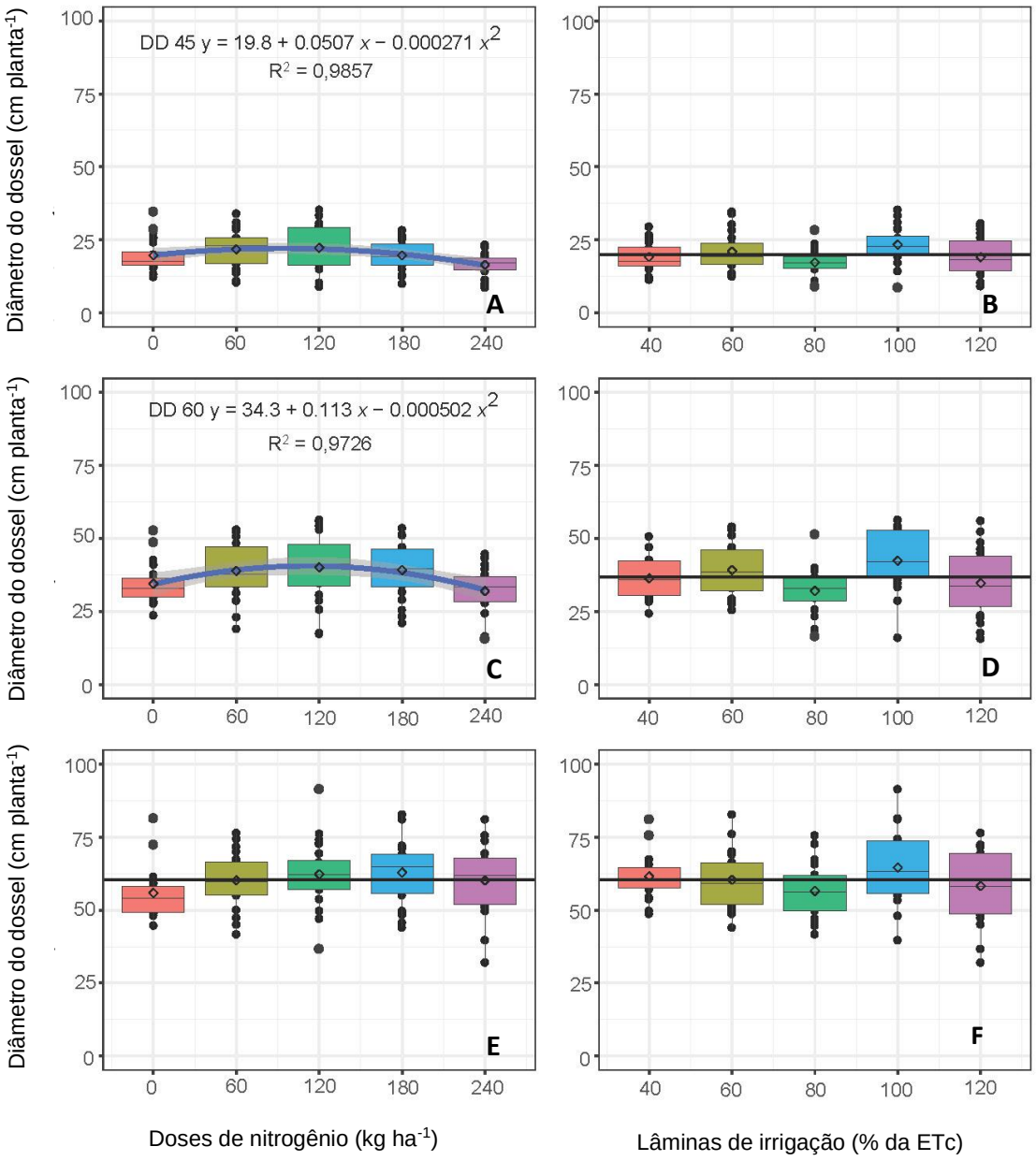

Figura 30. Diâmetro do dossel das plantas de pimenta biquinho cv. BRS Moema, em relação as doses de nitrogênio aos 45 (A), 60 (C) e 90 (E), e lâminas de irrigação aos 45 (B), 60 (D) e 90 (F), dias após o transplantio.

O diâmetro do dossel da planta está diretamente associado à sua área foliar, e segundo Ferri (1979) esse parâmetro indica a capacidade que a parte aérea possui para a captação da radiação solar e consequentemente realizar a fotossíntese, processo fundamental para seu desenvolvimento. Os resultados não são concordantes com Araújo et al. (2014), que observaram diferenças

significativas no efeito de lâminas de irrigação sob a área foliar de pimentão cultivado a campo, aos 80, 100, 110 e 120 dias após o transplantio das mudas.

4.3.4 Diâmetro de caule

Para o diâmetro de caule das plantas de pimenta biquinho não houve diferença significativa para os efeitos quadrático, linear e interação ($p \leq 0,05$) para o modelo de superfície de resposta, todavia, houve diferença significativa isolada aos 60 dias após o transplantio para as doses de nitrogênio, com ajuste ao modelo quadrático de regressão polinomial. O maior diâmetro de caule (10,23) foi observado com a dose de nitrogênio de 100 kg ha^{-1}, com incremento de 17% em relação a testemunha (Figura 30 C). As avaliações de 45 dias após o transplantio não apresentaram diferença significativa para a doses de nitrogênio. Em relação as lâminas de irrigação não houve diferença significativa para o diâmetro de caule as 45 e 60 dias após o transplantio (Figuras 31 B e D).

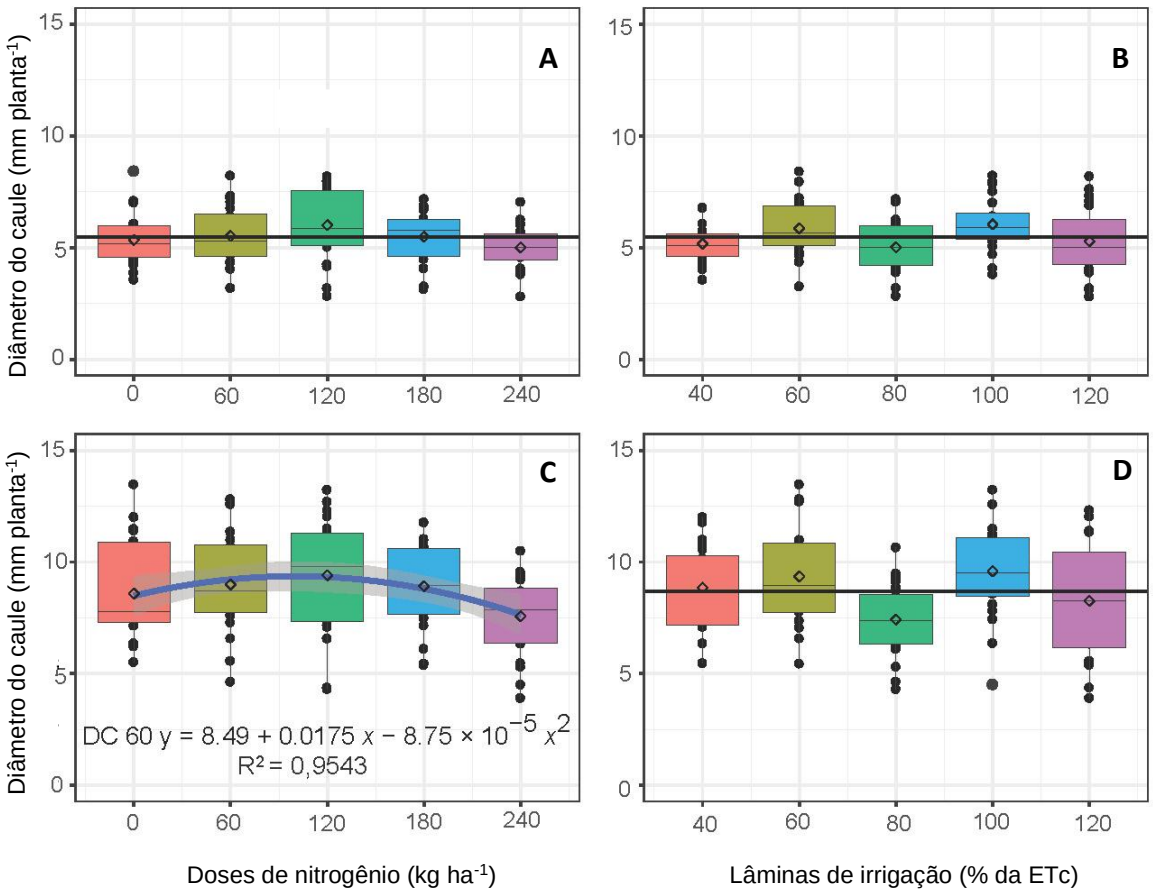

Figura 31. Diâmetro de caule das plantas de pimenta biquinho cv. BRS Moema em relação as doses de nitrogênio aos 45 (A) e 60 (C), e lâminas de irrigação aos 45 (B) e 60 (D), dias após o transplantio.

Silva et al. (2016), verificaram em seu estudo, com níveis de irrigação na pimenta biquinho em casa de vegetação, médias de diâmetro de caule de 5,17 mm, com diferença aproximada de 0,22 mm entre as lâminas de irrigação, resultado abaixo das médias obtidas com este estudo. Como conclusão, relataram que a lâminas de irrigação com 80% da exigência da cultura, proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento da planta com significativa economia de água.

Simon & Tesfaye (2014) avaliando o efeito de níveis de adubação nitrogenada na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum annuum L.),* no sul da Etiópia, observaram efeito não significativo em relação ao diâmetro de caule aos 60 dias após o transplantio, obtendo médias entre 9,5 e 10,1 mm. Resultados distintos ao dos autores foram observados nesse estudo.

Winter (1986), ressalta que o caule é uma estrutura de grande importância para planta por ser responsável pela sustentação dos órgãos reprodutivos e fotossintéticos, servindo como um elo entre as raízes, para a troca de água, nutrientes essenciais e fotoassimilados.

4.3.5 Índice de clorofila

No índice de clorofila avaliado nas folhas do terço médio da pimenta biquinho aos 45 dias após o transplantio pode ser apresentado uma superfície de resposta com um ponto de máxima, por seus autovalores se apresentarem negativos. Observou-se no ponto de máxima a lâmina de irrigação de 80,03 % da ETc e a dose de nitrogênio de 139,21 kg ha^{-1}, com um índice de clorofila de 55,74 (Figura 32 A). O incremento do índice de clorofila no ponto de máxima em relação a ausência da adubação associada a lâminas de 40% da ETc foi de 10,94%. Aos 60 dias após o transplantio, o índice de clorofila apresentou uma superfície e resposta com um ponto estacionário de mínima, por seus autovalores se apesentarem positivos (Figura 32 B). O índice de clorofila, no ponto estacionário, foi de 49,44, com a lâmina de 105,43% da ETc e dose de 1,33 kg ha^{-1} de nitrogênio.

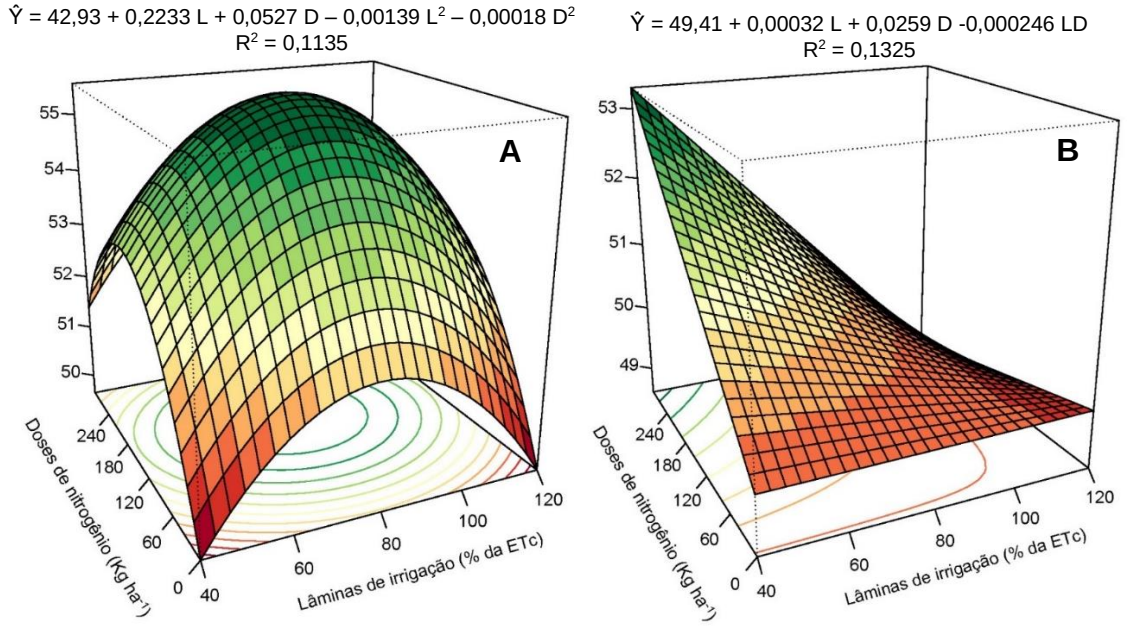

Figura 32. Índice de clorofila (SPAD) das folhas do terço médio de pimenta biquinho cv. BRS Moema, aos 45 (A) e 60 (B) dias após o transplantio, em função das doses de nitrogênio e lâminas de irrigação.

Aos 90 dias após o transplantio, o índice de clorofila avaliado nas folhas da pimenta biquinho apresentou ajuste ao modelo de superfície de resposta com um ponto de máxima, por seus autovalores serem negativos. No ponto de máxima obteve-se com a lâmina de irrigação de 47,98 % da ETc e dose de nitrogênio de 205,96 kg ha^{-1}, um índice de clorofila de 58,29, sendo 11,44% maior em relação a lâmina de irrigação de 40% da ETc associada a ausência da adubação nitrogenada (Figura 33 A).

O índice de clorofila avaliado nas folhas da pimenta biquinho aos 120 dias após o transplantio apresentou uma superfície de resposta linear, não sendo possível determinar o ponto estacionário no intervalo dos dados (Figura 33 B).

O nitrogênio é o macronutriente mais requerido pelas plantas e importante constituinte da molécula de clorofila. A clorofila é responsável pelo pigmento esverdeado das plantas e tem como função principal transformar luz solar em energia química, pelo processo da fotossíntese. O índice de clorofila (SPAD), estima a intensidade da cor verde, que está diretamente ligada a clorofila, dessa forma, quanto maior for seu índice, subtende-se que mais nutrida estará a planta (Taiz & Zeiger, 2017).

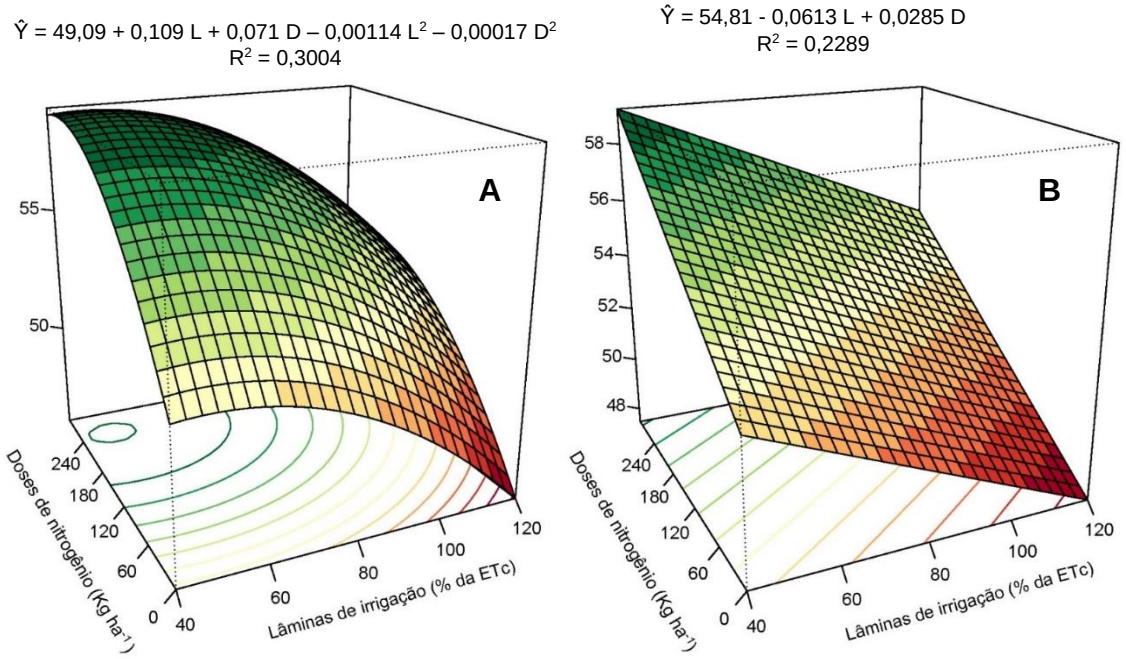

Figura 33. Índice de clorofila (SPAD) das folhas de pimenta biquinho cv. BRS Moema, aos 90 (A) e 120 (B) dias após o transplantio, em função das doses de nitrogênio e lâminas de irrigação.

Resultados semelhantes foram relatados por Bhuvaneswari et al. (2014), investigando o efeito de doses de nitrogênio no cultivo do pimentão na Índia, onde verificaram diferenças significativas no teor de clorofila das folhas durante todo o período de desenvolvimento das plantas. Resultados semelhantes também foram relatados por Aminifard et al. (2012), Carneiro et al. (2016) e Costa et al. (2018).

4.3.6 Diâmetro e comprimento de frutos

Os valores obtidos com a análise do diâmetro de frutos da pimenta biquinho não apresentaram diferença significativa para os efeitos quadrático, linear e interação do modelo de superfície de resposta, lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, de acordo com o teste F até 5% de probabilidade de erro. Os valores médios do diâmetro dos frutos podem ser observados na Tabela 9, encontrando-se entre 15,3 e 16,7 mm.

O comprimento de frutos da pimenta biquinho não apresentaram diferença significativa para os efeitos (quadrático, linear e interação) do modelo de superfície de resposta, lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, de acordo com a análise estatística até 5% de probabilidade de erro. Os valores médios do comprimento dos frutos podem ser observados na Tabela 7, com valores observados entre 28,5 e 30,2 mm.

Tabela 5. Valores médios observados para o diâmetro e comprimento dos frutos de pimenta biquinho CV. BRS Moema.

Lâminas	Diâmetro	Comprimento	Nitrogênio	Diâmetro	Comprimento
% da ETc	Mm	mm	Kg ha^{-1}	mm	mm
40	16,3	29,9	0	16,7	28,5
60	16,5	29,2	60	16,0	29,2
80	15,3	28,6	120	16,4	29,6
100	16,6	30,0	180	16,0	29,0
120	16,2	28,7	240	15,8	30,2

Os resultados corroboram com Carneiro et al. (2016), que estudando a pimenta biquinho cultivar Iracema submetida ao efeito de níveis de adubação nitrogenada em campo, não encontraram diferenças significativas entre o diâmetro e comprimento de frutos. Os resultados mostram que o comprimento e diâmetro dos frutos são características fisiológicas da planta, que podem não ser afetadas pela diferenciação dos tratamentos.

O comprimento e diâmetro médio dos frutos obtidos estão em padrões corretos conforme a especificação técnica da cultivar BRS Moema pela Embrapa (2010), que diz os frutos devem ter, aproximadamente, as dimensões de 15 mm de diâmetro e 26 mm de comprimento.

4.3.7 Sólidos solúveis

Os valores obtidos com a análise dos sólidos solúveis dos frutos da pimenta biquinho não apresentaram diferença significativa para os efeitos quadrático, linear e interação do modelo de superfície de resposta, lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, de acordo com o teste F até 5% de probabilidade de erro. Os valores médios obtidos para os sólidos solúveis (°Brix) podem ser observados na Tabela 8, encontrando-se valores entre 8,03 e 8,63.

Tabela 6. Valores médios obtidos do teor de sólidos solúveis dos frutos de pimenta biquinho CV. BRS Moema.

Lâminas	Sólidos solúveis	Nitrogênio	Sólidos solúveis
% da ETc	°Brix	Kg ha^{-1}	°Brix
40	8,45	0	8,03
60	8,38	60	8,23
80	8,34	120	8,28
100	8,03	180	8,43
120	8,39	240	8,63

Oliveira et al (2015) trabalhando com a cultura do pimentão em ambiente protegido com diferentes níveis de nitrogênio, não obtiveram diferenças significativas em relação ao teor de sólidos solúveis nos frutos, com valores

variando entre 3,7 e 4,2 °Brix. Embora nas pimenteiras o teor dos sólidos solúveis não apresente uma importância muito grande para sua comercialização, como acontece com o tomate industrial (EMBRAPA, 2006), seus valores afetam no sabor dos frutos.

Os resultados da análise dos sólidos solúveis corroboram com Ramirez et al. (2014), que estudando o efeito da adubação nitrogenada, também não observaram diferenças significativas em relação aos sólidos solúveis na pimenta Habanero cultivada em campo aberto, encontrando valores entre 8,73 e 10,16 °Brix.

4.3.8 Massa média do fruto

Os valores obtidos em relação a massa média dos frutos maduros da pimenta biquinho apresentaram diferença não significativa para os efeitos quadrático, linear e interação da superfície de resposta, lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, de acordo com o teste F até 5% de probabilidade de erro. Os valores médios da massa dos frutos podem ser observados na Tabela 9, com valores variando entre 2,09 e 2,36 gramas.

Tabela 7. Valores médios obtidos para a massa média do fruto de pimenta biquinho CV. BRS Moema.

Lâminas	Massa média	Nitrogênio	Massa média
% da ETc	gramas	Kg ha^{-1}	gramas
40	2,25	0	2,17
60	2,26	60	2,21
80	2,04	120	2,36
100	2,4	180	2,24
120	2,13	240	2,09

Lima et al. (2013), avaliando a massa média dos frutos de pimenta cayenne (*Capsicum frutensces*) em função de diferentes tensões de água no solo, não verificaram diferenças significativas. Comportamento semelhante foi verificado por Marinho (2011), estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação na pimenta tabasco, sob a massa média dos frutos.

4.3.9 Massa fresca de frutos

Para os valores obtidos de massa fresca de frutos por planta da pimenta biquinho não houve diferença significativa para efeitos (quadrático, linear e regressão) da superfície de resposta, entretanto, houve significância isolada para as doses de nitrogênio, com ajuste ao modelo quadrático de regressão polinomial. O maior valor de massa fresca de frutos maduros (873,95 g planta^{-1}) foi observado com a dose de nitrogênio de 141,66 kg ha^{-1}, com um incremento de 46,67% de massa em relação ao tratamento sem adição de nitrogênio (Figura 34 A).

Entre as lâminas de irrigação não se observou diferença significativa em relação a massa fresca de frutos por planta de acordo com a análise estatística (Figura 34 B).

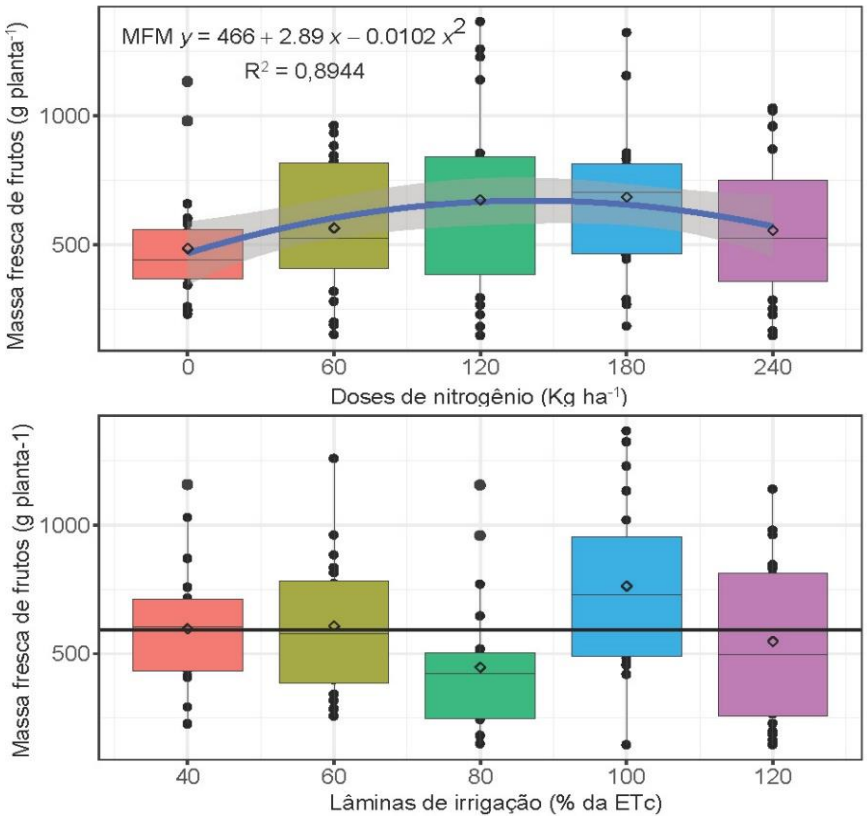

Figura 34. Massa fresca de frutos da pimenta biquinho cv. BRS Moema, em função das doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B).

Em estudo para caracterização agronômica e pungência de pimentas de gênero Capsicum, Domenico et al. (2012) observaram um rendimento inferior na cultivar IAC 1643 de pimenta biquinho, com uma produtividade de 526,4 g planta^{-1}, sendo superior à média do rendimento das plantas com ausência da adubação nitrogenada, confirmando a importância do suprimento adequado do nutriente para ganhos de rendimentos.

Marinho et al. (2016) observaram um desenvolvimento linear da massa fresca dos frutos de pimenta tabasco em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação de acordo com a evapotranspiração da cultura, havendo uma divergência com esse estudo, que não apresentou diferenças significativas para a massa fresca de frutos em função das lâminas de irrigação.

4.3.10 Produtividade

Para a avaliação da produtividade de frutos da pimenta biquinho por área, expressa em kg ha^{-1}, não houve diferença significativa paras os efeitos quadrático, linear e interação da superfície de resposta, havendo significância isolada para as doses de nitrogênio, com ajuste dos dados ao modelo quadrático de regressão polinomial. A dose de nitrogênio de 141,4 kg ha^{-1} viabilizou uma produção de 14.939,25 kg ha^{-1} de pimenta, sendo este valor 30,38% maior em relação a plantas submetidas a ausência da adubação nitrogenada (Figura 35 A). Para a produtividade em função das lâminas de irrigação não houve diferença significativa (Figura 35 B).

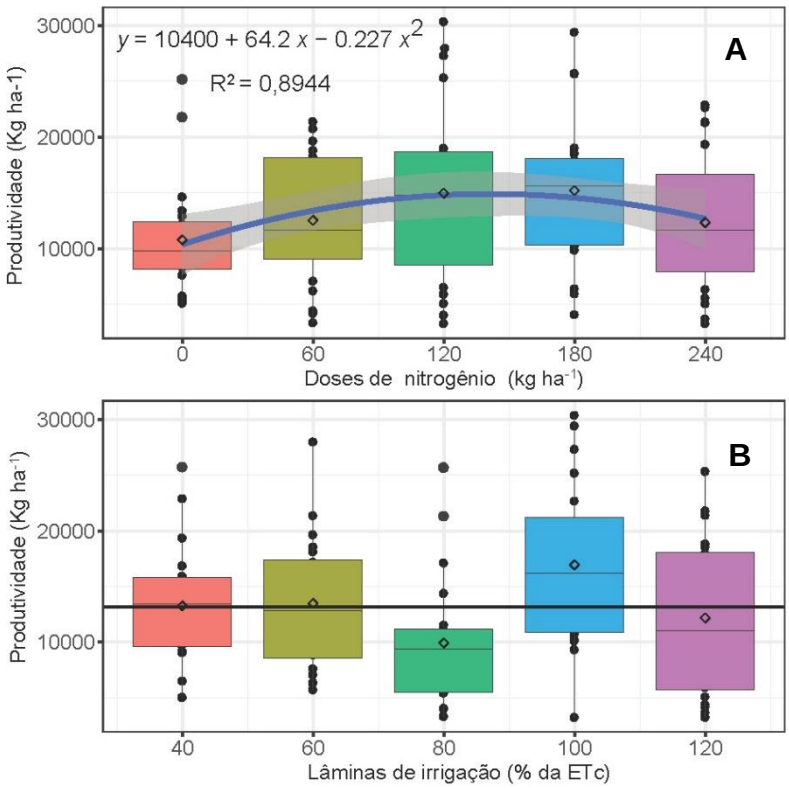

Figura 35. Produtividade de frutos de pimenta biquinho cv. BRS Moema, em relação as doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B).

Aminifard et al. (2012), observaram diferenças significativas na produtividade do pimentão cultivado a campo, no Irã, em função de doses de nitrogênio, assim como para Aticho et al. (2014), em cultivo na Etiópia. Em trabalho realizado com cultivo hidropônico de pimenta habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), no México, diferenças significativas na produtividade foram observadas em função de diferentes concentrações de nitrogênio (Santiago et al., 2015).

4.3.11 Número de frutos

Para os valores obtidos de número de frutos por planta da pimenta biquinho não houve diferença significativa para os efeitos quadrático, linear e interação da superfície de resposta, todavia, houve diferença significativa isolada para as doses de nitrogênio, com ajuste ao modelo quadrático de regressão polinomial. A dose de nitrogênio de 138,77 kg ha^{-1} foi a que proporcionou um maior número de frutos maduros por planta (319,05), apresentando um incremento de 28,85% no número de frutos em relação a testemunha (Figura 36 A).

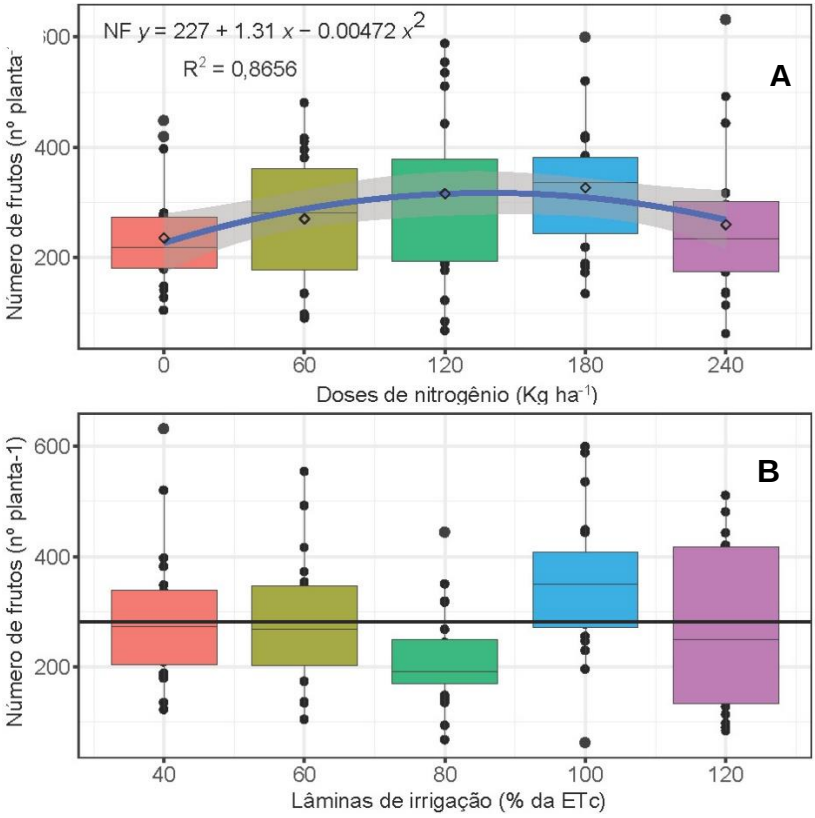

Figura 36. Número e frutos por planta da pimenta biquinho cv. BRS Moema, em função das doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B).

Khan et al. (2010), testando níveis de adubação nitrogenada em campo, encontraram um aumento significativo no número de frutos de Capsicum de acordo com o aumento da recomendação da adubação, tendo como dose ideal 150 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Oliveira et al. (2013), obtiveram respostas significativas em relação a diferença entre níveis de adubação nitrogenada, na qual observaram que a dose de 270,9 kg ha^{-1} de nitrogênio foi a que proporcionou o maior número de frutos na cultura do pimentão.

Para o número de frutos em função das lâminas de irrigação não houve diferença significativa (Figura 36 B).

Os resultados corroboram com Azevedo et al. (2015), que estudando o efeito das lâminas de irrigação em função da ETc na pimenta tabasco, não observaram diferenças significativas.

4.3.12 Massa seca de frutos

Para a massa seca dos frutos maduros por planta da pimenta biquinho não houve diferença significativa para os efeitos quadrático, linear e interação da superfície de resposta, sendo obtido significância isolada para a doses de nitrogênio, com ajuste ao modelo quadrático de regressão polinomial. A dose de nitrogênio de 121,64 kg ha^{-1} proporcionou a maior massa seca dos frutos maduros, sendo 133,03 g planta^{-1}, apresentando um incremento de 44,52% na massa seca em relação a testemunha (Figura 37 A).

Os resultados corroboram com Simon & Tesfaye (2014), que observaram diferenças significativas no efeito de doses de nitrogênio em cultivo a campo do pimentão, no sul da Etiópia.

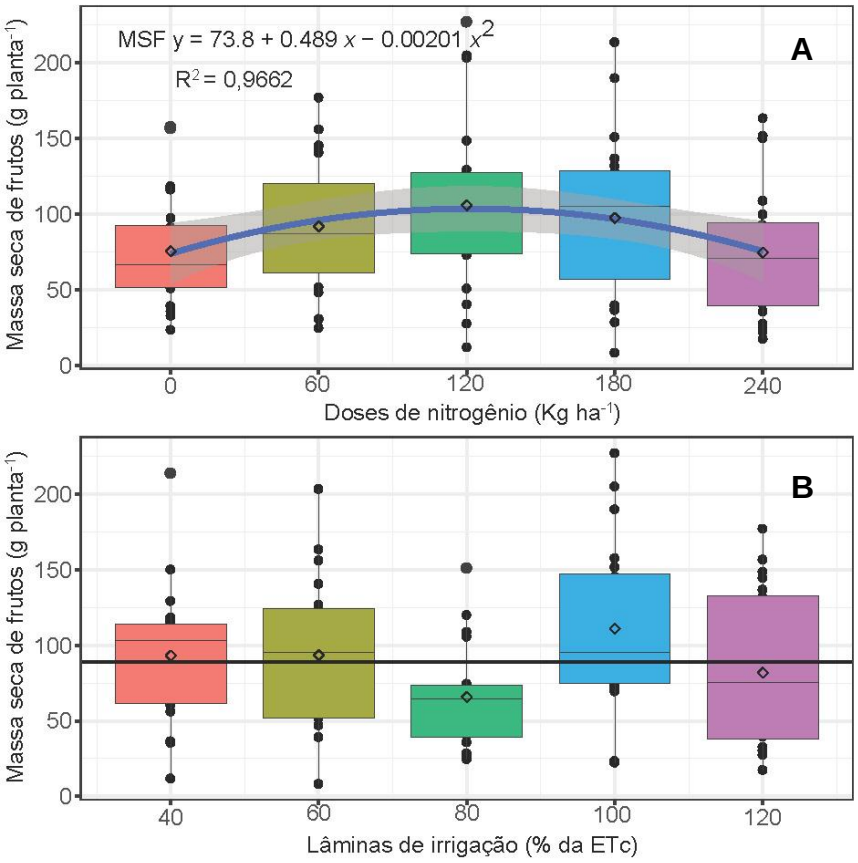

Figura 37. Massa seca de frutos da pimenta biquinho cv. BRS Moema, em função das doses de nitrogênio (A) e lâminas de irrigação (B).

Entre as lâminas de irrigação não houve diferença significativa com a análise de variância, podendo suas médias serem observadas na Figura 37 B.

Padrón et al. (2015), estudando o efeito de diferentes porcentagens da ETc no desenvolvimento do pimentão na Venezuela, não encontraram diferenças significativas relacionadas a massa seca de frutos em função das lâminas de irrigação.

4.3.13 Produtividade da água

A produtividade da água, que expressa a razão entre a produção de frutos e a quantidade de água aplicada com a irrigação e precipitação, apresentou uma superfície de resposta com ponto de mínima, por seus autovalores serem positivos. No ponto estacionário, com a lâmina de 118,3% da ETc associada a 0 kg ha^{-1} de nitrogênio, a produtividade foi de 7,13 kg L^{-1} (Figura 38). A maior produtividade foi obtida com a lâmina de 40% da ETc associada a dose de nitrogênio de 240 kg ha^{-1}, sendo de 9,31 kg L^{-1}, obtendo-se um incremento de 23,41% em relação a produtividade no ponto estacionário.

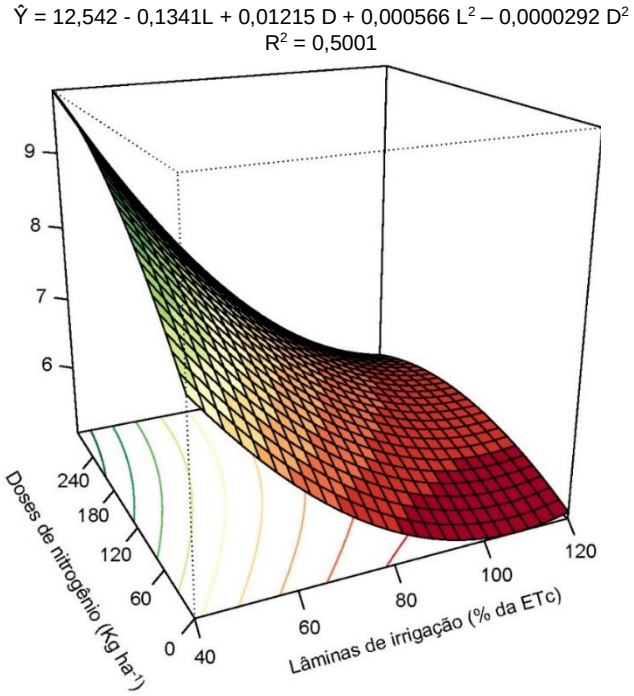

Figura 38. Eficiência do uso da água pela pimenta biquinho cultivar BRS Moema, em função das doses de nitrogênio e lâminas de irrigação.

Resultado comparável foi observado por Cardozo et al. (2016), onde com o aumento da reposição hídrica no solo diminuiu-se a produtividade da água pela cultura do pimentão. O resultado corrobora com Júnior et al. (2015), que estudando o efeito de lâminas de irrigação na variedade tabasco (*Capsicum frutescens* L.), obtiveram o maior valor absoluto de produtividade da água com a lâmina de 40% da ETc.

Aragão et al. (2012), estudando o efeito de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no cultivo do pimentão, verificaram que a melhor produtividade da água foi observada com a lâmina de 50% da ETc associada a 40 kg ha^{-1} de nitrogênio, porém, enfatizam que as maiores produtividades não foram encontradas nesse tratamento, mas sim que foi apenas uma resposta satisfatória ao déficit hídrico aliado ao tratamento, assim como no estudo em questão.

5. Conclusões

As lâminas de irrigação e doses de nitrogênio influenciam no desenvolvimento das plantas de pimenta biquinho cultivadas em Latossolo Vermelho na região do Cerrado Mato-Grossense.

Os melhores resultados em relação ao desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas estão para uma dose de nitrogênio entre 121 e 141 kg ha^{-1} e uma lâmina entre 74,57 e 88,4% da evapotranspiração da cultura.

Referências

AGROTROPICAL.Disponívelem:<http://www.agrotropical.org/report_pimentabiquinho.html>. Acesso em: 5 de set. 2018.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. **Uso e manejo da irrigação**. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 2008. 525p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper56**. Rome-Italy, 1996.

AMINIFAR, M. H.; AROIEE, H. AMERI, A., FATEMI, H. Effect of plant density and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **African jornal of agricultural research**, v. 6, n. 6, p. 859-966, 2012.

AQUINO, B. F. **Adubos e Adubação**. Departamento de Ciências do Solo. Fortaleza-CE. 2005.

ATICHO, A.; TAMIRAT, M.; BANTIRGU, A.; TULU, S.; REGASSA, A.; DUME, B. Influences of mineral nitrogen and phosphorous fertilization on yield and contributing componentes in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 7, p. 670-675, 2014.

ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; FILHO, R. R. G.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, H. O.; FEITOSA, E. O. Produção e eficiência no uso da água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 3, p. 207-216, 2012.

ARAÚJO, D. L.; ARAÚJO, D. L. MELO, E. N.; SANTOS, J. G. R.; AZEVEDO, C. A. V. Crescimento do pimentão sob diferentes concentrações de biofertilizante e lâminas de irrigação. **Revista verde**, v. 9, n. 3, p. 172-181, 2014.

AZEVEDO, B. M.; CHAVEZ, S. W. P.; MEDEIROS, J. F.; AQUINO, B. F.; BEZERRA, F. M. L.; VIANA, T. V. A. Rendimento da pimenteira em função de lâminas de irrigação. **Revista ciência agronômica**, v. 36, n. 3, p. 268-273, 2015.

BARCELOS, M. N.; SILVA, E. M.; MARUYAMA, W. I. **Produção de pimenta biquinho submetido a diferentes doses de potássio**. CONTECC. Fortaleza – CE, Brasil, 2015.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1982.

BHUVANESWARI, G.; SIRVARANJANI, R.; REETHA, S.; RAMAKRISHAN, K. Application of nitrogen fertilizer on plant density, growth, yield and fruit of bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **International Letters of Natural Sciences**. Switzerland, v. 13, p. 81-90, 2014.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 685p.

CARDOZO, M. T. D.; GALBIATTI, J. A.; SANTANA, M. J.; CAETANO, M. C. T.; CARRASCHI, S. P.; NOBILE, F. O. Pimentão (*Capsicum annuum*) fertilizado com composto orgânico e irrigado com diferentes lâminas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 4, p. 673-684, 2016.

CARNEIRO, L. B.; SILVA JUNIOR, R. L.; CARVALHO, F. J.; NASCIMENTO, M. V.; XAVIER, R. C.; BENETT, K. S. S.; BENNET, C. G. S.; COSTA, E. Effects of nitrogen fertilization and hydrorententor gel application in *Capsicum spp*. cultivaton. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, p. 1399-1403, 2016.

CARVALHO, S. I. C., BIANCHETTI, L. B; RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A. **Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil**. Brasilia: Embrapa Hortaliças. 23p. 2006.

CARVALHO SIC; BIANCHETTI LB; RIBEIRO CSC; LOPES CA. *Pimentas do gênero* Capsicum *no Brasil*. **Brasília: Embrapa Hortaliças**, 27p. 2008.

CARVALHO, D. F.; OLVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 2012.

CASALI, V. W. D..; COUTO, F. A. A. Origem e botânica de *Capsicum***. Informe Agropecuário**. p.8-10. 1984.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil**. Brasília: CDS – UnB, 1999.

CIRILLO, M. A. **Otimização na experimentação: aplicações nas Engenharias e Ciências Agrárias.** Lavras: Ed. UFLA, 226 p., 2015.

COSTA, F. S.; LIMA, A. S.; MAGALHÃES, I. D.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Fruit production and SPAD index of pepper (*Capsicum annuum* L.) under nitrogen fertilizer doses. **Australian Journal of Crop** Science, v. 12, n. 1, p. 11-15, 2018.

DEDINI, G. F. A. **Adubação verde em cultivo consorciado para produção de pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*) em sistema orgânico**. 80 p. (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2012.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**. Seleção do sistema de irrigação**. Sete lagoas, MG, 2001.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**. Pimentas do Gênero Capsicum no Brasil**. Brasília, DF, 2006.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Sistemas de Produção**, 2 ISSN 1678-880x Versão Eletrônica, 2007.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed., rev. e. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMBRAPA. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/pimenta/>. Acesso em: 10 de set. de 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Capsicum chinense. 2010. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/pimenta/arvore/CONT000gn0frh1202wx5ok0liq1mqt5bf5ht.html>. Acesso em: 26 nov. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de produção: cultivo de tomate para industrialização. 2006. Disponível em: http: < sistemaproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/ .htm2006 >. //sistemaproducao.cnptia.embrapa.br / FontesHTML / Tomate /TomateIndustrial / .htm2006 >. Acesso em: 12 nov. 2018.

DOMENICO, C. I.; COUTINHO, J. P.; GODOY, H. Y.; MELO, A. M. T. Caracterização agronômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 466-472, 2012.

FERREIRA, M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 471-476, 2003.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTi, P. P.; NOGUEIRA, D; A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese**). R package version 1.2.0. Disponível em: https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt. 2018.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: Epu, 350 p. 1979.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C**. Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 148p.

HORTIFRUTIBRASIL. **Ervas & especiarias**. Piracicaba: Cepea – ESALQUSP, 2015. 42p.

JARRET RL; BERKE T. 2008. Variation for fruit morphological characteristics in a *Capsicum chinense* germplasm collection**. *HortScience*** 43: 1694-1697.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requiriments**. New York: ASCE, 1990. 332p.

JÚNIOR, M. V.; VASCONCELOS, A. J. F.; LIMA, L. S. S.; SILVA, K. F.; CARVALHO, C. M. Eficiência do uso da água em pimenta da espécie *Capsicum frutescens* L., variedade tabasco. **Brasilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v. 8, n. 2, p. 53-61, 2015.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2004, 452p.

KHAN, M. S. L.; ROY, S. S.; PALL, K. K. Nitrogen and phosphorus efficiency on the yield attributes of *capsicum*. **Academic jornal of plant sciences**, v. 3, p. 71-78, 2010.

KHAN, A.; SHAH, S. N. M.; RAB, A.; SAJID, M.; ALI, K. AHMED, A. FAISAL. S. Influence of nitrogen and potassium levels on growth and yield of chillies (*Capsicum annuum L*.). **International jornal of farming and allied sciences**. Vol. 3, p. 260-264, 2014.

KLAR, A. E.; JADOSKY, S. O. Irrigation and muching management for sweet pepper crop in protected environment. **Revista Irriga**, v.9, p.217-224, 2004.

LIMA, E. M. C.; CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; THEBALDI, M. S.; GATTO, R. F. Rendimento da pimenta cayenne em função de diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 17, n. 11, p. 1181-1187, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E.. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, 2006.

MANTOVANI, E. C.; BERBARDO, S. PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos.** 3. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. 355p.

MARINHO, L. B. **Irrigação plena e com déficit em pimenta cv. Tabasco em ambiente protegido**. 2011. 102 p. (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MARINHO, L. B.; FRIZZONE, J. A.; TOLENTINO JUNIOR, J. B.; PAULINO, J.; SOARES, J. M.; VILAÇA, F. N. Déficit hídrico nas fases vegetativa e de floração da pimenta ‘tabasco’ em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 561-576, 2016.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5 ed. Springer Holanda, n. 26, 849 p., 2001.

MIELNICZUK, L. **O potássio no solo**. Piracicaba: POTAFOS, 1978. 80 p. (POTAFOS. Boletim, 2).

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, A. S., KUHN, D., SILVA, G. P. **A irrigação e a relação solo-planta-atmosfera**. Brasilia, DF: LK Editora e comunicação, 88 p., 2006.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. de A.; SILVA, W. G.; REZENDE, F. C.; ALMEIDA, W. F. de.Effects of water deficit in two phenological stages on production of japonese cucumber cultived in greenhouse. **Engenharia Agrícola**, v.31, p.676-686, 2011.

OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, R. C. P.; LIMA, C. J. G. S. Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1152-1159, 2013.

OLIVEIRA, F. A., DUARTE, S. N., MEDEIROS, J. F., MENDES, E. M., DIAS, A. N. S. Quality in the pepper under different fertigation managements and levels of nitrogen and potassium. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 764-773, 2015.

PADRÓN, R. A. R.; RAMÍREZ, L. R.; CERQUERA, R. R.; NOGUEIRA, H. M. C. M.; MUJICA, J. L. U. Desenvolvimento vegetativo de pimentão cultivado com lâminas e frequências de irrigação. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n.2, p. 49-55, 2015.

PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração.** Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. 183p.

PINTO, C. M. F.; PINTO, C. L. O.; DONZELES, S. M. L. Pimenta *Capsicum:* propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2., p.108-120, 2013.

PIZZARRO-CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF):** gote, microaspersión, exudación. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 513p.

PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição**. Barueri, SP: Manole, 2006. 448p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo, SP: Nobel, 2002, 549p.

QIU, R.; KANG, S.; LI, F.; Du, T.; TONG, L.; WANG, F.; CHEN, R.; LIU, J.; LI, S. Energy partitioning a and evapotranspiration of hot pepper grown e greenhouse with furrow and drip irrigation methods. **Scientia Horticulturae**, v.129, p.790-797, 2011.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: https://www.R-project.org/. 2018.

RAMIREZ, F. N., MENDOZA, D. G., DIAZ, C. LOURDES., O. G. U., Nitrogen fertilization effect on antioxidants compounds em fruits of habanero chili pepper (*Capsicum chinense*). **International journal of Agriculture & Biology**, v. 13, N. 5, 2011.

REICHARDT, K., TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2012. 500p.

REIFSHNEIDER, F. J. B. (Org) **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasilia: Embrapa Comunicação para Transferências de Tecnologia. Embrapa Hortaliças, 2000. 113p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V**. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação.** Viçosa, MG: Comissão e Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 360p.

RODRIGUES, S. A. **Comportamento da pimenta biquinho (*Capsicum chinense)* submetida a diferentes lâminas de irrigação e substratos**. 74 p. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

RUSSELL, V. L. Response-Surface Methods in R, Using rsm. **Journal of Statistical Software**, 32(7), 1-17. Disponível em: http://www.jstatsoft.org/v32/i07/. 2009.

SÁ, M. E.; BUZETTI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. 437p.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. de A.; FAQUIN, V.; QUEIROZ, T. M. de. Produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio**. Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.1385-1391, 2004.

SANTIAGO, G. A.; ESQUIVEL, G. L.; HERNÁNDEZ, R. S.; PÉREZ, E. S.; PAREDES, J. D. G.; MEZA, V. M. J. Determination of the nitrogen requiement for habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 21, n. 3, p. 215-227, 2015.

SANTOS, A. S. **Características agronômicas, físico-químicas e sensoriais de linhagens de pimenta biquinho cultivadas em sistema orgânico**. 66 p. (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2018.

SARKAR, D. Lattice: Multivariate Data Visualization with. **Springer**, New York. ISBN 978-0-387-75968-5. 2008.

SERENINI, M. J. **A importância de agricultura famíliar na produção de alimentos.** Cadernos PDE. V. 1. Paraná, 2014.

SILVA, V. F., LIMA, V. L. A., NASCIMENTO, E. C. ANDRADE, L. O., OLVEIRA, H, FERREIRA, A. C. Effect of diferente irrigation levels with diferente qualities of water and organic substrates on cultivation of pepper**. African journal of agriculture research**, v. 11, p. 1373-1380, 2016.

SILVA, V. F.; NASCIMENTO, E. C. S.; LIMA, V. L. A.; ANDRADE, L. O.; BEZERRA, C. V. C. Pimenteiras malaguetas em diferentes fases de desenvolvimento irrigadas com água residuária tratada. **Revista espacios**, v. 38. p. 11, 2017.

SIMON, T. & TESFAYE, B. Growth and productivity of hot pepper (*Capsicum annuum l.)* as affected by variety, nitrogen and phosphorous at Jinka, Southern Ethiopia. **Research Journal of Agriculture and Environmental Management**, v 3, p. 427-433, 2014.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasilia, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2004, 416p.

SOUZA SAM; MARTINS KC; PEREIRA TNS. 2011. Polimorfismo cromossômico em *Capsicum chinense*. ***Ciência Rural*** 41: 1777-1783.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações**. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2017. 205p.

VILLAMAGNA, D. R. **Irrigação eficiente: como controlar o consumo de água e energia em sistemas de irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016. 189 p.

VENABLES, W. N. & RIPLEY, B. D. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. **Springe**r, New York. ISBN 0-387-95457-0. 2002.

WICKHAM, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. **Springer-Verlag** New York, 2009.

WINTER, E. J. **A água, o solo e a planta.** 2. ed. São Paulo, SP: Nobel, 1984, 170p.

WHITE, R. **Princípios e práticas da ciência do solo.** 4. ed. São Paulo, SP: Andrei, 2009, 426p.

ANEXO 1

Tabela 1. Valores calculados da ETo e precipitação referentes a cada dia do período de realização do experimento.

Data	ETo	Precipitação	Data	ETo	Precipitação
-	mm	mm	-	mm	mm
12/04/2018	4,08	0	17/05/2018	2,93	0,8
13/04/2018	4,3	0	18/05/2018	2,57	0
14/04/2018	4,15	0,6	19/05/2018	3,37	0,8
15/04/2018	3,63	0	20/05/2018	1,32	15,2
16/04/2018	2,99	0,4	21/05/2018	3,14	0
17/04/2018	2,52	16,8	22/05/2018	3,8	0
18/04/2018	2,77	0,6	23/05/2018	3,11	0
19/04/2018	1,26	2,8	24/05/2018	4,08	0
20/04/2018	1,96	0,6	25/05/2018	3,32	0
21/04/2018	3,57	2,2	26/05/2018	3,24	0
22/04/2018	3,93	0,2	27/05/2018	3,48	0
23/04/2018	3,97	0	28/05/2018	3,51	0
24/04/2018	4,06	0	29/05/2018	3,55	0
25/04/2018	3,98	0	30/05/2018	3,5	0
26/04/2018	4,13	0	31/05/2018	3,43	0
27/04/2018	4,1	0	01/06/2018	4,57	0
28/04/2018	4,16	0	02/06/2018	3,02	0
29/04/2018	4,01	0	03/06/2018	2,96	0
30/04/2018	3,98	0	04/06/2018	1,92	0
01/05/2018	3,25	0	05/06/2018	2,71	0
02/05/2018	3,96	0	06/06/2018	1,69	0
03/05/2018	3,99	0	07/06/2018	2,38	0
04/05/2018	3,99	0	08/06/2018	2,21	0
05/05/2018	3,77	0	09/06/2018	2,26	0
06/05/2018	3,92	0	10/06/2018	3,07	0
07/05/2018	3,78	0	11/06/2018	3,72	0
08/05/2018	3,79	0	12/06/2018	3,39	0
09/05/2018	3,69	0	13/06/2018	2,93	6,6
10/05/2018	3,97	0	14/06/2018	3,42	0
11/05/2018	3,83	0	15/06/2018	1,57	0
12/05/2018	2,21	0	16/06/2018	3,28	0
13/05/2018	3,3	2,4	17/06/2018	3,24	0
14/05/2018	3,58	0	18/06/2018	3,27	0
15/05/2018	3,44	0	19/06/2018	3,3	0

Continuação dos valores calculados da ETo e precipitação referentes a cada dia do período de realização do experimento.

Data	ETo	Chuva	Data	ETo	Chuva
-	Mm	mm	-	mm	mm
20/06/2018	3,15	0	24/07/2018	4,15	0
21/06/2018	3,26	0	25/07/2018	3,78	0
22/06/2018	3,1	0	26/07/2018	3,75	0
23/06/2018	3,67	0	27/07/2018	3,79	0
24/06/2018	2,98	0	28/07/2018	3,86	0
25/06/2018	3,05	0	29/07/2018	4,19	0
26/06/2018	3,24	0	30/07/2018	3,84	0
27/06/2018	3,27	0	31/07/2018	3,91	0
28/06/2018	3,37	0	01/08/2018	4,01	0
29/06/2018	3,19	0	02/08/2018	3,89	0
30/06/2018	3,13	0	03/08/2018	4,31	0
01/07/2018	3,16	0	04/08/2018	4,32	0
02/07/2018	3,26	0	05/08/2018	3,96	0
03/07/2018	3,15	0	06/08/2018	3,04	0
04/07/2018	3,42	0	07/08/2018	3,73	0
05/07/2018	3,31	0	08/08/2018	4,53	0
06/07/2018	3,56	0	09/08/2018	3,63	0
07/07/2018	3,56	0	10/08/2018	4,37	0
08/07/2018	3,26	0	11/08/2018	4,29	0
09/07/2018	1,81	0	12/08/2018	4,29	0
10/07/2018	3,36	0	13/08/2018	4,61	0
11/07/2018	3,15	0	14/08/2018	4,31	0
12/07/2018	3,47	0	15/08/2018	5,08	0
13/07/2018	3,4	0	16/08/2018	2,82	0
14/07/2018	3,32	0	17/08/2018	3,65	0
15/07/2018	3,55	0	18/08/2018	4,41	0
16/07/2018	3,49	0	19/08/2018	4,73	0
17/07/2018	3,77	0	20/08/2018	3,2	0
18/07/2018	3,89	0	21/08/2018	3,53	0
19/07/2018	3,75	0	22/08/2018	4,48	0
20/07/2018	3,53	0	23/08/2018	4,63	0
21/07/2018	4,01	0	24/08/2018	5,5	0,4
22/07/2018	3,16	0	25/08/2018	1,93	0
23/07/2018	3,72	0			

ANEXO 2

Tabela 1. Resumo das análises de variância referente às variáveis fitométricas aos 45 dias após o transplantio.

Fator de variação	Variáveis				
	SPAD45	AP45	DC45	NF45	DD45
Bloco	0,030**	0,6970	0,5086	0,7987	0,5156
L	**0,0894**	**0,3261**	**0,3722**	**0,2978**	**0,4289**
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
N	**0,0741**	**0,001****	**0,1022**	**0,007****	**0,000****
Linear	ns	0,000**	ns	0,011*	0,005**
Quadrática	ns	0,000**	ns	0,002**	0,000**
LT x N	**0,5328**	**0,2198**	**0,0334***	**0,6168**	**0,2175**
Média geral		16,82	5,48	73,98	20
C.V.1 (%)	-	29,80	37,31	84,13	50,86
C.V.2 (%)	-	17,46	16,53	47,95	20,91
Lambda (λ)	-	-	-	-	-
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,264	0,4565	0,444	0,000	0,1278
Bartlett (p-valor)	0,592	0,0846	0,142	0,037	0,475

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade $0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ao nível ($p \geq 0,05$); C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox. L: lâminas de irrigação; N: doses de nitrogênio; DC45: diâmetro do caule aos 45 dias após o transplantio; AP645: altura de plantas aos 45 dias após o transplantio; DD45: diâmetro do dossel aos 45 dias após o transplantio; NF45: número de folhas aos 45 dias após o transplantio; SPAD45: índice de clorofila aos 45 dias após o transplantio.

Tabela 2. Resumo das análises de variância referente às variáveis fitométricas aos 60 dias após o transplantio.

Fator de variação	Variáveis				
	DC60	AP60	DD60	NF60	SPAD60
Bloco	0,6715	0,7949	0,6486	0,5957	0,0135*
L	**0,4111**	**0,2463**	**0,2745**	**0,4630**	**0,1110**
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
N	**0,010****	**0,009****	**0,004****	**0,005****	**0,2745**
Linear	0,012*	0,003**	0,000**	0,000**	-
Quadrática	0,002**	0,000**	0,000**	0,000**	-
LT x N	**0,6615**	**0,6688**	**0,4980**	**0,9186**	**0,1096**
Média geral	8,69	26,28	36,94	183,13	50,19
C.V.1 (%)	43,31	29,95	40,14	67,71	6,66
C.V.2 (%)	18,65	18,36	20,48	40,33	5,00
Lambda (λ)	-	-	-	-	4
Shapiro-Wilk (p-valor)	NS	0,4697	0,1885	0,3572	0.5224
Bartlett (p-valor)	0,369	0,240	0,244	0,009	0.046

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade $0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ao nível ($p \geq 0,05$); C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox. L: lâminas de irrigação; N: doses de nitrogênio; DC60: diâmetro do caule aos 60 dias após o transplantio; AP60: altura de plantas aos

60 dias após o transplantio; DD: diâmetro do dossel aos 60 dias após o transplantio; NF60: número de folhas aos 60 dias após o transplantio; SPAD60: índice de clorofila aos 60 dias após o transplantio.

Tabela 3. Resumo das análises de variância referente às variáveis fitométricas aos 90 e 120 dias após o transplantio.

Fator de variação	Variáveis				
	SPAD90	AP90	DD90	SPAD120	MM
Bloco	0,012*	0,9644	0,9522	0,012*	0,1660
L	**0,008****	**0,8063**	**0,7279**	**0,005****	**0,0321***
Linear	0,000**	ns	ns	0,000**	ns
Quadrática	0,1261	ns	ns	0,8479	ns
N	**0,000****	**0,008****	**0,0738**	**0,000****	**0,0321***
Linear	0,003*	0,001**	ns	0,000**	ns
Quadrática	0,616	0,001**	ns	0,007**	ns
LT x N	**0,5952**	**0,0936**	**0,19**	**0,4353**	**0,9893**
Média geral	54,44	42,57	60,23	52,94	2,21
C.V.1 (%)	8,53	34,14	32,02	11,95	18,96
C.V.2 (%)	10,02	11,40	13,52	9,8	16,29
Lambda (λ)	-	-	-		2,8
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,003	0,9238	0,9915	0,09236	0,000505
Bartlett (p-valor)	0,091	0,157	0,199	0,838	0,1137

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade $0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ao nível ($p \geq 0,05$); C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox. L: lâminas de irrigação; N: doses de nitrogênio; SPAD 90: índice de clorofila aos 90 dias após o transplantio; AP90: altura de plantas 90 dias após o transplantio; DD90: diâmetro do dossel aos 90 dias após o transplantio; SPAD120: índice de clorofila aos 120 dias após o transplantio; MM: massa média do fruto.

Tabela 4. Resumo das análises de variância referente às variáveis da produção de frutos.

Fator de variação	Variáveis			
	CF	MFFP	DF	NFP
Bloco	0,3048	0,9513	0,9626	0,7286
L	**0,3524**	**0,000****	**0,027***	**0,001****
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
N	**0,3040**	**0,016***	**0,2647**	**0,018***
Linear	ns	0,001**	ns	0,002**
Quadrática	ns	0,005**	ns	0,004**
LT x N	**0,4301**	**0,1024**	**0,8914**	**0,2020**
Média geral	29,32	592,24	16,21	281,75
C.V.1 (%)	13,63	88,36	12,52	74,35
C.V.2 (%)	9,14	35,31	8,67	34,07
Lambda (λ)	5	-	Log	-
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,929	0,002	0,04391	0,06681
Bartlett (p-valor)	0,782	0,235	0,0006793	0,066

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade $0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ao nível ($p \geq 0,05$); C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox. L: lâminas de irrigação; N: doses de nitrogênio; CF: comprimento do fruto; MFFP: massa fresca de frutos por planta; DF: diâmetro do fruto; NFP: número de frutos por planta.

Tabela 5. Resumo das análises de variância referente às variáveis da produção.

Fator de variação	Variáveis			
	PROD	BRIX	MSFP	EFI
Bloco	0,9513	0,3600	0,9425	0,9528
L	**0,000****	**0,3088**	**0,006****	**0,000****
Linear	ns	ns	ns	0,000**
Quadrática	ns	ns	ns	0,000**
N	**0,016****	**0,0724**	**0,035***	**0,000****
Linear	0,001**	ns	0,002**	0,011*
Quadrática	0,005**	ns	0,002**	0,1543
LT x N	**0,1024**	**0,7133**	**0,2934**	**0,0037****
Média geral	13160,91	8,32	89,05	49,06
C.V.1 (%)	88,36	7,18	95,54	65,13
C.V.2 (%)	35,31	7,99	41,66	30,59
Lambda (λ)	-	-	0,5	0,5
Shapiro-Wilk (p-Valor)	0,02247	0,01716	0,758	0,601
Bartlett (p-valor)	0,678	0,039	0,671	0,639

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade $0,01 \leq p < 0,05$); ns não significativo ao nível ($p \geq 0,05$); C.V. Coeficiente de variância; Lambda (λ) fator de transformação do modelo da família Box-Cox. L: lâminas de irrigação; N: doses de nitrogênio; PROD: produtividade; BRIX: sólidos solúveis; MSFP: massa seca de frutos por planta; EFI: eficiência do uso da água.