



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA
TROPICAL**

ARIANO BARRETO DA SILVA

**ADUBAÇÃO FOSFATADA COMO ATENUANTE DO
ESTRESSE HÍDRICO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO
DE BERINJELA**

POMBAL – PB

AGOSTO – 2017

ARIANO BARRETO DA SILVA

**ADUBAÇÃO FOSFATADA COMO ATENUANTE DO
ESTRESSE HÍDRICO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO
DE BERINJELA**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical (PPGHT), para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito

Co-orientador: Dr^a. Amaralina Celoto Guerrero

POMBAL – PB

JULHO – 2017

ARIANO BARRETO DA SILVA

**ADUBAÇÃO FOSFATADA COMO ATENUANTE DO
ESTRESSE HÍDRICO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO
DE BERINJELA**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical (PPGHT), para obtenção do título de Mestre.

APRESENTADA EM: 23/08/2017

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito
UFS-CAMPUS DO SERTÃO - PPGHT
Orientador

Dr.^a Amaralina Celoto Guerrero
Bolsista PNPB – PPGHT – CCTA-UFCG
Orientador

Prof. Dr. Roberto Cleiton Fernandes de Queiroga
UAGRA/CCTA/UFCG
Examinador

Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá
UAGRA/CCTA/UFCG
Examinador

SUMÁRIO

Resumo	viii
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 Manejo da irrigação em hortaliças	12
2.2 Estresse hídrico em berinjela	13
2.3 Adubação fosfatada como atenuante do estresse hídrico.....	14
2.4 Adubação fosfatada em excesso	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Localização e condições climáticas	17
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	17
3.3 Instalação e condução do experimento	18
a. Trocas gasosas	21
b. Crescimento da planta.....	21
c. Fitomassa seca da planta	22
Produção.....	22
3.4 Análise estatística	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Características fisiológicas da cultura.....	24
4.2 Características de crescimento e fito massa.....	25
4.3 Fitomassa seca das plantas.....	28
4.4 Produção	31
5 CONCLUSÕES.....	34
6 REFERÊNCIAS	35

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Média dos dados climáticos coletados durante a condução do experimento (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2016). 17
- Tabela 2:** Recomendação de nutrientes para o pimentão/berinjela, conforme a fase de desenvolvimento da cultura. Adaptado de Basseto Junior (2003). 18
- Tabela 3:** Características químicas dos componentes do solo usados no cultivo da berinjela, CCTA/UFCG Pombal, PB, 2016..... 18
- Tabela 4:** Valores médios de umidade relativos a intervalos de 10 dias, que foram usados para determinação do tempo de irrigação para as lâminas L1(100% da ETr) e L2 (50% da ETr), e volume total aplicada em cada tratamento (Vta) CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017. 19
- Tabela 5:** Cronograma das atividades experimentais, CCTA/UFCG Pombal, PB, 2016. 21
- Tabela 6:** Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas: condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência do uso da água (EUA) e carboxilação instantânea (E_iC_i) em plantas de berinjela variedade Embú (roxa cumprida) sob lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017)..... 24
- Tabela 7:** Valores médios para as variáveis: condutância estomática (gs), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência do uso da água (EUA) e carboxilação instantânea (E_iC_i) da cultura berinjela variedade Embú (roxa cumprida) sob distintas lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017). 24
- Tabela 8:** Resumo da análise de variância relativa às variáveis de crescimento: diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP), número de folhas (NF) aos 15, 30 e 45 dias após o transplante (DAT) e as fitomassa seca da folha (FSF) e fitomassa seca do caule (FSC) em plantas de berinjela variedade Embú (roxa cumprida) aos 45 DAT, sob distintas lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017)..... 26

Tabela 9: Valores médios para as variáveis: fitomassa seca das folhas (FSF) e fitomassa seca do caule (MSC) da berinjela variedade Embú (roxa cumprida) sob distintas lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017). 29

Tabela 10: Resumo da análise de variância relativa as variáveis produção (g planta^{-1}), número de frutos por planta (NFPI) ($\text{frutos planta}^{-1}$), massa média de frutos (MMF) (g) e produtividade (kg ha^{-1}) das plantas de berinjela variedade Embú (roxa cumprida) sob distintas lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017). .. 31

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Transplântio das mudas no local definitivo (CCTA/UFCEG Pombal, PB, 2016)..... 20
- Figura 2:** Coleta e classificação dos frutos para retirada das variáveis avaliadas (CCTA/UFCEG Pombal, PB, 2016.)..... 20
- Figura 3:** Funções de resposta ao incremento de P_2O_5 para o diâmetro de caule das plantas de berinjela em função do tempo (A e C) e das doses de P_2O_5 (B e D) sob lâmina de 50% (A e B) e 100% (C e D) da ETr, CCTA/UFCEG Pombal, PB, 2017. 27
- Figura 4:** Funções de resposta ao incremento de P_2O_5 para a altura de plantas de berinjela em função do tempo (A e C) e das doses de P_2O_5 (B e D) sob lâmina de 50% (A e B) e 100% (C e D) da ETr, CCTA/UFCEG Pombal, PB, 2017. 27
- Figura 5:** Funções de resposta ao incremento de P_2O_5 para o número de folhas de berinjela em função do tempo (A e C) e das doses de P_2O_5 (B e D) sob lâmina de 50% (A e B) e 100% (C e D) da ETr, CCTA/UFCEG Pombal, PB, 2017. 28
- Figura 6:** Massa seca das folhas (MSF) (A e B) e massa seca do caule (MSC) (C e D) com doses de P_2O_5 sob lâmina de 50% (A e C) e 100% (B e D) da ETr, CCTA/UFCEG Pombal, PB, 2017. 30
- Figura 7:** Produção de frutos (produção, $g\ planta^{-1}$) (A), número de frutos por planta (NFP) (B), massa média do fruto (MMF) (C) e produtividade (P) ($kg\ ha^{-1}$) (D) das plantas de berinjela em função das doses de P_2O_5 e lâminas de irrigação, avaliadas aos 130 dias após o transplante (CCTA/UFCEG Pombal, PB, 2017)..... 32

ADUBAÇÃO FOSFATADA COMO ATENUANTE DO ESTRESSE HÍDRICO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BERINJELA

Resumo - A água é um dos fatores limitantes para o desenvolvimento agrícola, tanto pela falta, quanto pelo excesso, afetando o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas, em especial aquelas consideradas sensíveis, a exemplo da berinjela. Nesse sentido o uso de estratégias que viabilizem o seu cultivo, notadamente em regiões semiáridas, onde há potencial de cultivo e limitação de recursos hídricos. Assim, objetivou-se estudar o efeito de doses de fósforo como atenuante do estresse hídrico ocasionado por lâminas de irrigação no crescimento e na produção de frutos de berinjela. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, no período de maio a setembro de 2016, usando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, onde se estudou cinco doses de fósforo, estabelecidas com base na recomendação para cultura (0,0%, 50%, 100%, 150% e 200% da recomendação) e duas lâminas de irrigação (50% e 100% ETr), perfazendo um esquema fatorial 2 x 5, totalizando 10 tratamentos, que foram repetidos em quatro bloco, com 12 plantas por parcela. As mudas de berinjela, cultivar Embú foram transplantadas aos 45 dias após a semeadura, em campo, usando-se o espaçamento de 1,0 x 0,60 m. A lâmina de 100% foi obtida por meio de estimativa da evapotranspiração usando a equação de Penman Monteith – FAO, com dados obtidos da estação agrometeorológica de São Gonçalo – Sousa – PB. Para aplicação das lâminas de água, usou-se um sistema de irrigação por gotejamento, com emissores de 2,6 l h⁻¹ de vazão, e espaçamento de 30 cm entre emissores, colocando-se uma fita gotejadora por linha de cultivo. Durante o período de cultivo, realizou-se o monitoramento da umidade do solo, por meio de tensiômetros instalados em cada tratamento a uma profundidade de 15 cm. Avaliou-se o crescimento por meio da altura de planta, do diâmetro do caule e do número de folhas; variáveis fisiológicas por meio das trocas gasosas e a produção das plantas. Adubação acima da recomendação não proporciona melhorias nas características avaliadas. A adubação próxima a 100% da recomendação teve as melhores respostas para a lâmina de 50% da ETr, onde níveis inferiores ou superiores de P interferiram negativamente na maioria das características avaliadas. Não foi observado interação entre os fatores avaliados (lâminas e doses), porém em condições de déficit hídrico, a adubação com 100% da recomendação proporcionou efeito atenuante do estresse. Em condições de déficit hídrico onde a água é um fator limitante para irrigação, recomenda-se uma adubação fosfatada adequada à cultura, no entanto a falta de água não pode ser totalmente contornada com a adubação fosfatada.

Palavras-chave: *Solanum melongena* L., lâminas de irrigação, ecofisiologia.

PHOSPHORUS FERTILIZATION AS AN ATENUANT OF THE WATER STRESS IN EGGPLANT CROP

Abstract - Water is one of the limiting factors for agricultural development, both for lack and for excess, affecting growth, the development and production of plants, especially those considered sensitive. Such as eggplant, and it is important to use strategies that enable their cultivation, especially in semi-arid regions, where there is potential for cultivation and limitation of water resources. The objective of this study was to study the effect of phosphorus doses as attenuating water stress caused by irrigation slides on growth and physiology. The experiment was conducted at the Agro-Food Science and Technology Center of the Federal University of Campina Grande, In the period from May to September 2016, using a randomized block design, where five phosphorus doses were studied, based on the recommendation for culture (0.0%, 50%, 100%, 150% and 200% of the recommendation) and two irrigation blades (50% and 100% ETr), making a 2 x 5 factorial scheme, totaling 10 treatments, which were repeated in four blocks, with 12 plants per plot. The eggplant seedlings, to grow Embú, were transplanted at 45 days after sowing, In the field, using the spacing of 1.0 m between rows and 0.60 m between plants, with the plot covering an area of 0.60 m², being conducted up to 130 days after sowing, when the last Fruit harvest. As a 100% blade was obtained by estimating evapotranspiration using an equation of Penman Monteith - FAO, with data obtained from the São Gonçalo - Sousa - PB agrometeorological station. For application of the water slides, a drip irrigation system was used, with emitters of 2.6 l h⁻¹ of flow, and spacing of 30 cm between emitters, placing a drip tape per culture line. During the cultivation period, the soil moisture was monitored by tensiometers installed in each treatment at a depth of 15 cm. Growth was evaluated by plant height, stem diameter and number of leaves; Physiological variables through gaseous changes, fruit quality variables, through physical and chemical analyzes of the fruits and the production of the plants. Fertilization above the recommendation does not provide improvements in the evaluated characteristics. Fertilization close to 100% of the recommendation had the best responses for the 50% ETr slide, where lower or higher levels of P interfered negatively in most of the characteristics evaluated. No interaction was observed between the factors evaluated (slides and doses), but under conditions of water deficit, fertilization with 100% of the recommendation provided an attenuating effect of stress. In conditions of water deficit where water is a limiting factor for irrigation, it is recommended a phosphate fertilization appropriate to the crop, however the lack of water cannot be completely bypassed with phosphate fertilization.

Keywords: *Solanum melongena* L., irrigation amount, ecophysiology.

1 INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) tem como centros de origem primária e secundária a Índia e a China, respectivamente, sendo introduzida na Europa pelos árabes, durante a Idade Média, e no Brasil pelos portugueses no século XVI (MOREIRA et al., 2007). Nos últimos anos o consumo dessa solanácea tem aumentado, notadamente devido às suas propriedades medicinais, principalmente como agente redutor do colesterol plasmático (JORGE et al., 1998) e o efeito hipoglicêmico (DERIVI et al., 2002).

A berinjela é uma planta tipicamente tropical, o que favorece a sua produção no Brasil, o seu ciclo vegetativo varia de 100 a 125 dias, dependendo da variedade e da época de cultivo, necessitando de temperaturas elevadas ao longo do ciclo (CARVALHO et. al, 2004), sendo uma planta beneficiada pelo calor (FILGUEIRA, 2000), o que favorece o cultivo na região semiárida.

No entanto em nossa região, a água é um dos fatores mais limitantes ao desenvolvimento agrícola, verificando-se um déficit hídrico natural na maior parte do ano, o que vem a afetar o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas (MAROUELLI et al., 1996; MONTEIRO et al., 2006). Tal limitação hídrica tem sido cada dia mais comum, o que torna a otimização do uso dos recursos hídricos imprescindível, o que pode ser feito com manejo correto da irrigação, identificando-se o quando e quanto irrigar, ou seja, a determinação de lâminas de água ideais que proporcionem uma equilibrada produção das culturas a serem irrigadas (CARVALHO et. al., 2012).

Na cultura da berinjela também é observado tal sensibilidade ao estresse hídrico, a exemplo, Bilibio et al. (2010), estudando o desenvolvimento vegetativo de plantas de berinjela sob diferentes tensões de água no solo, nota-se redução no crescimento em altura de planta e no diâmetro de caule ao manter o solo na tensão de 80 KPa. Nesta mesma condição hídrica, os autores não observaram produção.

Considerando tal efeito na cultura, faz-se necessário avaliar formas de atenuação do estresse, o que pode viabilizar a redução no uso da água e a obtenção de rendimentos economicamente viáveis. Deve-se ressaltar que, como estratégia para dirimir o problema do estresse hídrico, a planta tende a ativar rotas secundárias de formação de metabolitos, a exemplo da glicina betaína e da prolina, elementos considerados

osmoprotetores, pois reduzem do potencial hídrico foliar e garantem a absorção de água e nutrientes (KUWAHARA et al., 2009).

Todavia, tal produção depende de compostos inorgânicos, a exemplo do fósforo, que participa como em aproximadamente 0,2% da massa das plantas, seja em ácidos nucleicos e/ou na formação da principal molécula energética, o trifosfato de adenosina (ATP), com isso, é um importante elemento em todas as reações bioquímicas e ciclos metabólicos do vegetal, independente do tipo de metabolismo, C₃, C₄ ou CAM (TAIZ et al., 2015).

Tal efeito mitigador do fósforo foi analisado por Kuwahara & Souza (2009) em *Braquiaria brizantha*, cv. MG-5 Vitória, que verificaram que a deficiência hídrica causou reduções significativas da condutância estomática e assimilação líquida de CO₂ em todos os tratamentos, entretanto, os resultados das trocas gasosas indicaram que, efetivamente, a suplementação de P na adubação da cultura proporcionou melhor recuperação das plantas após um período de deficiência hídrica.

Em trabalho desenvolvido por Santos et al. (2006), o suprimento extra de fósforo, via foliar, quando aplicado antes do período de déficit hídrico no feijoeiro comum, demonstrou ser capaz de amenizar os efeitos negativos da seca.

Assim sendo, objetivou-se avaliar o efeito atenuante de doses de fósforo em plantas de berinjela sob estresse hídrico ocasionado por lâminas de irrigação no crescimento, trocas gasosas e produção de frutos das plantas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manejo da irrigação em hortaliças

O manejo adequado da irrigação, que envolve a decisão de quando e quanto irrigar, visa maximizar a eficiência do uso da água, minimizar o consumo de energia e manter favoráveis as condições de umidade do solo e de fitossanidade das plantas. As hortaliças, na sua maioria, apresentam ciclo curto (60-150 dias), sistema radicular relativamente superficial (20-40 cm) e alto teor de água na constituição das partes comercializadas (80-95%). Tais características fazem com que demandem solos férteis e com alta disponibilidade de água. Assim, a irrigação é uma das práticas agrícolas mais importantes para o sucesso da olericultura, fundamentalmente em regiões com baixo índice pluviométrico ou com precipitação mal distribuída (MAROUELLI et al., 1996, MAROUELLI et al., 2009).

De acordo Marouelli et al. (2009), o baixo índice de adoção de tecnologias de manejo de irrigação deve-se ao fato de os produtores acreditarem que são caras, complexas, trabalhosas e que não proporcionam ganhos econômicos compensadores. Contudo, considerando a redução gradual de fontes de água de boa qualidade e que irrigações realizadas de forma adequada possibilitam aumento de produtividade entre 10% e 30%, além de reduzir o uso de água, de energia e de agroquímicos e melhorar a qualidade do produto colhido, a adoção de estratégias apropriadas para o manejo de irrigação torna-se viável do ponto de vista econômico, social e ambiental.

A otimização da irrigação requer uma estimativa sistemática do estado energético de água no solo para que sua lâmina e, conseqüentemente, o tempo de irrigação, sejam apropriados. O conteúdo de água do solo deve ser mantido entre certos limites específicos, em que a água disponível para a planta não é limitada enquanto a lixiviação, quando for conveniente, seja previamente definida (MORGAN et al., 2001).

Bilibio et al. (2010) afirmam que uma das principais limitações para o cultivo da berinjela é a umidade inadequada no solo durante todo o seu ciclo. Desta forma, a irrigação, entendida como uma técnica de aplicação de água ao solo, que tem o objetivo de suplementar a chuva para manter os teores de água na zona radicular ideais ao desenvolvimento das culturas, torna-se essencial para o crescimento das plantas, a qualidade do produto e a produtividade do cultivo.

A necessidade total de água da cultura de berinjela depende essencialmente das condições climáticas, duração do ciclo da cultura e dos sistemas de cultivo e de irrigação adotados, variando de 450 mm a 750 mm. A necessidade de água engloba a água transpirada pelas plantas e a água evaporada do solo, sendo denominada evapotranspiração da cultura (ETc) (MAROUELLI et al., 2014).

De acordo com Carvalho et al. (2012) os valores de coeficiente de cultura para as fases: 1 - transplântio-florescimento; 2 - florescimento-frutificação; 3 - frutificação - primeira colheita; 4 - primeira colheita - final do ciclo foi de 0,83; 0,77; 0,90 e 0,97 no sistema de plantio direto para as respectivas fases e para o plantio convencional de 0,81; 1,14; 1,17 e 1,05 para as mesmas fases descritas anteriormente.

Segundo Marouelli et al. (2014) em torno de 78% da produção nacional de berinjela, estimada em 90 mil toneladas, concentra-se na região Sudeste, sobre tudo em São Paulo que é o principal estado produtor, sendo responsável por aproximadamente 43% da produção brasileira, seguido de Minas Gerais (20%) e Rio de Janeiro (15%).

2.2 Estresse hídrico em berinjela

A água é fundamental para a manutenção da integridade funcional das moléculas biológicas, células, tecidos e organismos. A célula fisiologicamente ativa necessita de um ambiente interno com 80 a 95% de água em termos de massa verde, apesar do teor total de água variar com o tipo de planta em questão, de 95% a 5% para hortaliças e árvores adultas/sementes, respectivamente (MARENCO & LOPES, 2005).

O estresse hídrico ao longo do ciclo das culturas pode alterar seu desenvolvimento, modificando a fisiologia, morfologia e, principalmente, afetando as relações bioquímicas (PEREIRA et al., 1999). O déficit hídrico pode ser definido como qualquer conteúdo de água de um tecido abaixo do máximo conteúdo de água observado na condição de maior hidratação da planta (TAIZ, ZEIGER, 2015).

Carvalho et al. (2004), avaliaram os efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico aplicados em dois estádios fenológicos da cultura da berinjela, constatando que a produção e o número de frutos foram mais afetados pelo déficit hídrico quando este ocorreu durante a fase de formação dos frutos.

A disponibilidade de nutrientes para as raízes é altamente dependente do teor de umidade do solo. Nos estádios iniciais de déficit hídrico, as plantas reduzem seu tamanho por meio da redução do crescimento e do número de folhas. Estas

modificações são úteis para minimizar a perda excessiva de água e conservar a água disponível (CHAVES, OLIVEIRA, 2004).

2.3 Adubação fosfatada como atenuante do estresse hídrico

O fósforo é um importante nutriente promotor de crescimento, garantindo a produção das hortaliças, sendo um dos macronutrientes mais utilizados em adubação no Brasil, devido à carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros, principalmente, àqueles predominantes nas regiões de clima tropical, e também pela forte interação do nutriente com o solo (RAIJ, 1991).

A deficiência hídrica e a baixa disponibilidade de fósforo são alguns dos mais importantes fatores limitantes ao crescimento de plantas em regiões tropicais. O déficit hídrico tem potencial de reduzir a disponibilidade de fósforo (P) para as plantas, sendo essa mais uma causa da redução da fotossíntese de espécies cultivadas (SANTOS et al., 2006). Observando-se que o fósforo é um elemento pouco móvel no solo, e seu suprimento para as raízes é efetuado, principalmente, pelo processo de difusão, o qual depende da umidade do solo e da superfície radicular (GAHOONIA et al. 1994).

De acordo com Souza et al. (2006), o fósforo é um componente de compostos importantes das células vegetais, incluindo as ligações de fosfato presente nas moléculas de açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como dos fosfolipídios que compõem as membranas vegetais. A deficiência de fósforo, geralmente, provoca menor desenvolvimento vegetativo e produção, devido ao atraso no florescimento e à redução no número de sementes e frutos, além de estimular a senescência precoce (RAIJ, 1991; MALAVOLTA, 2006).

Em estudos realizados por Firmino et al. (2009), as trocas gasosas indicaram que a suplementação de P, na adubação de *Glycine Max.* (L) cultivar ‘Embrapa 48’, resultou em uma redução parcial dos efeitos da deficiência hídrica. Porém, apenas na biomassa do sistema radicular foi detectado algum efeito mitigador do ‘P’ nas plantas sob deficiência hídrica. Em pesquisa desenvolvida com *B. brizantha* cv. MG-5 Vitória sob doses de fósforo com e sem deficiência hídrica, Kuwahara e Souza (2009) relatam que o fósforo influenciou positivamente, no crescimento das plantas, sobretudo o número de novos perfilhos e área foliar.

A taxa de crescimento das plantas é reduzida desde os primeiros estádios de desenvolvimento, além disso, a deficiência de P é uma grande limitação para a

fotosíntese e a sua baixa disponibilidade afeta a produção das culturas em 96% dos solos ácidos e pouco férteis na América tropical (FAGERIA et al., 2004).

A deficiência de fósforo pode alterar o desenvolvimento da planta de duas maneiras, atuando como nutriente que estimula a produção de fitomassa radicular, ou funcionando como sinal que regula mudanças na arquitetura radicular (LÓPEZ-BUCIO et al., 2002). Também inibe severamente a taxa de crescimento foliar somente durante o dia, tendo pouco efeito durante a noite. Essa diferença entre dia e noite é uma resposta primária da disponibilidade de água para a expansão foliar durante o dia, causada pela baixa condutividade hidráulica do sistema radicular em função da deficiência de P (MARSCHENER, 2002).

2.4 Adubação fosfatada em excesso

O fósforo em excesso no ambiente pode provocar diversos impactos negativos, com especial referência à qualidade das águas (eutrofização). Quando estes resíduos aumentam a concentração de nutrientes (fosfatos, principalmente) de rios e lagos, podem causar eutrofização excessiva. Os nutrientes estimulam o crescimento de algas e plantas, que interferem com a utilização da água para beber ou recreação; estas entradas, geralmente irregulares, causam ondas de crescimento, seguidas por períodos de consumo excessivo que podem utilizar todo o oxigênio e exterminar os peixes (KLEIN, ANGE, 2012).

A transferência de P do sistema terrestre para o ambiente aquático ocorre principalmente por dois caminhos, escoamento superficial e percolação no perfil. As formas de P transferidas para o ambiente aquático podem ser: solúvel e particulado (SHARPLEY & HALVORSON, 1994), porém o P particulado encontra-se ligado aos colóides minerais e orgânicos, caracterizando o P com inorgânico e orgânico.

Também em altas concentrações, o fósforo mostra-se maléfico às culturas, já que diminui a disponibilidade de zinco na zona radicular, pois o zinco se liga ao cátion acompanhante do fósforo (CORRÊA et al, 2002). E nestas condições, as plantas apresentam pequeno desenvolvimento, com as raízes claras e as folhas mais velhas com clorose nos bordos (MOREIRA et al., 2001).

A concentração de fósforo usualmente encontrada nas plantas cultivadas situa-se na faixa entre 1,5 a 5 g kg⁻¹ da matéria seca, e concentrações maiores que 10 g kg⁻¹

geralmente são tóxicas (EPSTEIN; BLOOM, 2005; MARSCHNER, 1995). Entretanto, leguminosas tropicais podem sofrer toxidez, mesmo com concentrações mais baixas em seus tecidos (MARSCHNER, 1995).

Os fertilizantes no solo sofrem inúmeras reações químicas que influenciam na absorção de P pelas plantas, estima-se que apenas 15 a 25% do P aplicado é absorvido pelas plantas, fato este, o que explica o alto teor de P encontrado nas fórmulas de NPK disponíveis no mercado (CORRÊA, 2004).

Estes fatores mostram como é importante o manuseio adequado da adubação fosfata, tendo em vista que o excesso de P pode acarretar dano ambiental como também toxidez as plantas cultivadas, obtendo assim efeito contrário ao esperado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e condições climáticas

O experimento foi conduzido em campo, na área experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, PB, no período de maio a setembro de 2016. Situado a 6° 46' 13" de latitude sul e 37° 48' 06" de longitude a oeste. De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é classificado como BSh, ou seja, semiárido quente e seco, com média anual de precipitação e de temperatura é de 750 mm e 28°C, respectivamente. Durante a condução do experimento, registrou-se uma temperatura máxima média de 32,8°C e mínima média de 31,3°C, por se tratar do período de estiagens, sendo os dados dispostos na Tabela 1. Vale ressaltar que a cultura da berinjela possui temperatura basal máxima de 35°C (FILGUEIRAS, 2000), o que significa que, embora os valores médios tenham sido altos, não foi ultrapassado o máximo tolerado pelas plantas.

Tabela 1: Média dos dados climáticos coletados durante a condução do experimento (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2016).

Variáveis climáticas		Médias diárias
Temperatura do ar (°C)	Mínima	31,3
	Máxima	32,8
Umidade relativa do ar (%)	Mínima	42,1
	Máxima	49,9

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Estudou-se cinco doses de fósforo, estabelecidas e aplicadas com base na recomendação para a cultura (Tabela 2), sendo D1 (0,0% da dose recomendada de P), D2 (50% da dose recomendada de P), D3 (100% da dose recomendada de P), D4 (150% da dose recomendada de P) e D5 (200% da dose recomendada de P). Tais doses de fosforo foram aplicadas em plantas de berinjela sob duas condições de irrigação, 50 e 100% da evapotranspiração de referência (ET_o), sendo esta calculada pelo método de Penman Monteith-FAO, usando-se dados da estação agrometeorológica de São Gonçalo, Sousa, PB, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

Tais fatores foram organizados em parcela subdividida, sendo as lâminas dispostas nas parcelas e as doses de fósforo nas subparcelas, perfazendo um esquema 2 x 5, totalizando 10 tratamentos, que foram repetidos em quatro blocos, formando quarenta parcelas experimentais, cada uma com 12 plantas em três fileiras, correspondendo a uma área de 7,2 m², já que se usou o espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,6 m entre plantas.

Tabela 2: Recomendação de nutrientes para o pimentão/berinjela, conforme a fase de desenvolvimento da cultura. Adaptado de Basseto Junior (2003).

Fase de desenvolvimento do pimentão/berinjela dias após plantio	Quantidade de nutrientes por dia				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
1 a 35	0,05	0,01	0,08	0,03	0,04
36 a 55	0,35	0,06	0,78	0,23	0,14
56 a 70	1,16	0,24	2,24	0,69	0,50
71 a 85	1,32	0,22	2,60	0,67	0,70
86 a 100	2,63	0,77	4,80	1,93	1,05
101 a 120	2,73	0,60	5,50	0,80	0,75
121 a 140	3,75	1,10	4,85	1,00	0,72
141 a 180	2,00	0,90	3,60	1,20	0,90
Total de nutrientes por ha	295	90	514	139	103

Adaptado de BASSETO JUNIOR, (2003)

3.3 Instalação e condução do experimento

O solo da área experimental foi caracterizado como PLANOSSOLO HÁPLICO, que foi preparado com uso de grade aradora até a profundidade de 0,2 m. Após o preparo, coletou-se amostras de solo na camada dos 20 cm, que foram encaminhadas para realização de análises químicas e físicas, as quais estão disponíveis na Tabela 3, e foram usados para a determinação da adubação de fundação e de cobertura para as plantas.

Tabela 3: Características químicas dos componentes do solo usados no cultivo da berinjela, CCTA/UFPEG Pombal, PB, 2016.

pH H ₂ O	P	Si	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al	H+Al	SB	(T)	MO
1:2,5	mg/dm ³				cmol/dm ³				cmol/dm ³		g kg ⁻¹
6,02	18,03	33,6	0,41	0,15	4,15	7,05	0,0	0,0	11,76		-

Na produção das mudas, foram utilizadas bandejas de polietileno com 162 células e volume de 50 ml, os quais foram preenchidos com substrato comercial a base

de vermiculita, casca de pinos e húmus, sendo o mesmo recomendado para a produção de mudas de hortaliças. A variedade de berinjela usada foi a Embú (roxa cumprida), colocando-se três sementes por célula, permanecendo na bandeja até, aproximadamente, 50 dias após a semeadura, quando estavam com duas folhas definitivas e aptas ao transplante.

Durante o período de crescimento das mudas em bandejas, instalou-se um sistema de irrigação localizada tipo gotejamento na área de instalação experimental, a partir de fitas gotejadoras com emissores com vazão de $2,6 \text{ l h}^{-1}$ e espaçados em 30 cm, deste modo, em cada planta estavam disponíveis dois emissores. Para o monitoramento da umidade do solo, instalou-se tensiômetros de bourdon, os quais permitiam mensurar a umidade do solo diariamente (Tabela 4).

Tabela 4: Valores médios de umidade relativos a intervalos de 10 dias, que foram usados para determinação do tempo de irrigação para as lâminas L1(100% da ETr) e L2 (50% da ETr), e volume total aplicada em cada tratamento (Vta) CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017.

Período	TS1(kPa)	TS2(kPa)	L1 (min)	L2(min)
24 a 07/07/2016	-	-	30,00	15,00
08 a 17/07/2016	22	27,5	62,48	31,24
18 a 27/07/2016	30	30	80,33	40,16
28 a 06/08/2016	40	30	94,54	47,27
07 a 16/08/2016	40	20	80,33	40,16
17 a 26/08/2016	42,5	40,5	108,42	54,21
27 a 05/09/2016	40	40	105,93	52,96
Vta	-	-	~59.983,20 L	~29.991,60 L

Médias das leituras do 1º tensiômetro (TS1) e 2º tensiômetro (TS2) para reposição da úmida no solo

No manejo da irrigação, usou-se o turno de rega intermitente, com duas irrigações diárias, de modo a permitir que o solo fosse mantido próximo a capacidade de campo nas parcelas que recebiam 100% da ETr. As doses de fósforo foram aplicadas via fertirrigação, conforme os tratamentos e junto com o nitrogênio e o potássio, usando-se como fonte de fósforo o fosfato monoamônico (MAP), como fonte de nitrogênio a ureia e de potássio o cloreto de potássio (KCl). O intervalo entre as aplicações foi de sete dias, com início duas semanas após o transplante das mudas, se estendendo até 15 dias antes da última colheita. O transplante das mudas ocorreu quando as plantas estavam com duas a quatro folhas definitivas (Figura 1), permanecendo neste local até os 175 dias após a semeadura.



Fonte: SILVA, 2016

Figura 1: Transplântio das mudas no local definitivo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2016).

A primeira colheita ocorreu aos 90 DAT, quando os frutos estavam em condições ideais, com coloração roxa escura e película lustrosa (Figura 2). As demais colheitas foram realizadas quando ocorreu o restabelecimento dos frutos, em intervalos médios de 20 dias entre cada colheita, seguindo o cronograma disposto na Tabela 5. Após as colheitas, foram selecionados 10 frutos que representavam o total do tratamento para cada repetição e assim, coletavam-se as variáveis (Figura 2).



Fonte: SILVA, 2016

Figura 2: Coleta e classificação dos frutos para retirada das variáveis avaliadas (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2016.).

Tabela 5: Cronograma das atividades experimentais, CCTA/UFCG Pombal, PB, 2016.

Calendário do experimento	
Semeio ao Transplante	45 dias
Transplante a 1º colheita	90dias
1º colheita a 2º colheita	20 dias
2º colheita a 3º colheita	20 dias

Durante a condução do experimento foram feitas capinas a cada 15 dias, com uso de enxada e ancinho, retirando as ervas daninha que surgiam entre as linhas de plantio, também foi feito a retirada das primeiras flores, com o objetivo de promover a frutificação apenas quando as plantas estivessem completamente desenvolvidas. O controle de pragas foi feito de forma preventiva, com a aplicação de inseticida próprio para o controle de mosca branca, em um intervalo de 7 dias entre cada aplicação.

a. Trocas gasosas

Aos 45 e 60 DAT avaliou-se as trocas gasosas das plantas, mensurando-se a taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ (C_i) e condutância estomática (g_s), utilizado-se um analisador de gás no infravermelho (IRGA) modelo LCpro+ (Analytical Development, Kings Lynn, UK). Ainda, de posse destes dados, foram calculadas as relações eficiência instatânea no uso da água (EiUA) (A/E) e a eficiência intrínseca na carboxilação (EIC_i) (A/C_i). A realização das leituras no IRGA, teve início às 7:00 horas estendendo-se até as 8:30 horas, foram escolhidas as folhas intermediárias, sendo a 4ª ou 5ª folha contada a partir do ápice da planta, avaliando-se uma planta por parcela (totalizando 40 plantas), afim de não subestimar os valores utilizando folhas velhas ou muito jovens.

b. Crescimento da planta

Foram feitas três avaliações de crescimento, aos 15, 30 e 45 dias após o transplantio (DAT), onde foram determinados o diâmetro do caule (DC, mm), o número de folhas, e a altura de planta (ALT, cm). Para o diâmetro do caule foi utilizado um paquímetro, retirando-se medidas do caule, 2 cm acima do nível do solo; as folhas foram contadas manualmente, considerando aquelas totalmente expandidas; já para a

medida da altura de planta, usou-se uma fita métrica, medindo a distância entre a base e o ápice da haste principal.

c. Fitomassa seca da planta

Para a mensuração da fitomassa seca, foram retiradas duas plantas por tratamento e colocadas em sacos de papel separando as folhas e o caule, logo em seguida colocados em estufa de secagem com ar forçado a 65 °C onde permaneceram 48 horas, para a determinação das variáveis: massa seca das folhas (MSF) e do caule (MSC).

Produção

Aos 90, 110 e 130 dias após o transplante, realizaram-se as colheitas de frutos, quando os mesmos apresentavam estágio de maturação adequado. As variáveis analisadas foram: número de frutos por plantas (NFP), realizado pela média da contagem dos frutos em cada planta; a massa média do fruto (MMF) (g), obtido pela razão entre o peso de todos os frutos e o número de frutos obtidos na parcela; a produção de frutos (PF) (g planta^{-1}), determinada pela média da produção de frutos em cada planta; e a produtividade (P), estimada a partir da produção de frutos por planta e da densidade de plantio, em kg ha^{-1} .

3.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F ($p < 0,05$), no caso de significância do fator lâminas de água, o teste F foi conclusivo. Para as doses de fósforo realizou-se análise de regressão polinomial, usando-se modelos lineares ou quadráticos, escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão a 1% (**) e 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior valor de coeficiente de determinação (R^2). O desdobramento da interação entre fontes e doses foi efetuado quando significativo, procedendo-se análise de regressão para o fator doses de fósforo em cada lâmina de irrigação, usando-se o programa Sisvar (FERREIRA, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características fisiológicas da cultura

Não se observou interação entres os tratamentos, apenas para o fator lâmina foi verificado significância nas variáveis taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação (E_iC_i), (Tabelas 6).

Tabela 6: Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas: condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência do uso da água (EUA) e carboxilação instantânea (E_iC_i) em plantas de berinjela variedade Embú (roxa cumprida) sob lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017).

Quadrados médios							
FV	Lâmina (L)	Dose P (D)	L x D	Bloco	Erro	CV	Média
g _s	0,0002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0007	21,79	0,12
A	6,781 [*]	4,010 ^{ns}	0,953 ^{ns}	0,186 ^{ns}	1,410	18,46	6,43
E	0,001 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,050 ^{ns}	2,600	0,200	19,21	2,36
C _i	302,5 ^{ns}	384,53 ^{ns}	304,81 ^{ns}	452,0 ^{ns}	214,61	5,32	275,3
EUA	1,332 [*]	0,498 ^{ns}	0,197 ^{ns}	2,551 ^{ns}	0,263	18,16	2,82
E _i C _i	0,0001 [*]	0,0001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,000	21,62	0,02
GL	1	4	4	3	27	-	-

** Significativo ao nível de 1%; * 5 % de probabilidade; ns não significativo pelo teste F; FV (fonte de variação); GL (grau de liberdade).

Analisando fisiologicamente as plantas de berinjela pode-se observar na Tabela 7, que plantas sob estresse hídrico apresentaram maiores valores na taxa de assimilação CO₂ (A), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação (E_iC_i) com decréscimo na lâmina de 50% para 100% da ETc de aproximadamente 12, 12 e 16%, demonstrando assim, que o aparato fotossintético não foi danificado com a restrição hídrica na cultura da berinjela.

Tabela 7: Valores médios para as variáveis: condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência do uso da água (EUA) e carboxilação instantânea (E_iC_i) da cultura berinjela variedade Embú (roxa cumprida) sob distintas lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017).

Lâminas de Irrigação	g _s	A	E	C _i	EUA	E _i C _i
50%	0,126a	6,84a	2,35a	272,55a	3,00a	0,025a
100%	0,121a	6,02b	2,37a	278,05a	2,64b	0,021b
Média	0,124	6,43	2,36	275,30	2,82	0,023
CV (%)	21,79	18,46	19,21	5,32	18,16	21,62

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com Silva et al. (2015), em situação de ótima disponibilidade hídrica (capacidade de campo), as plantas geralmente apresentam altas taxas transpiratórias de

modo que, à medida que a água do solo se torna escassa, a planta começa a reduzir sua taxa transpiratória para reduzir a perda de água e economizar a disponível no solo.

Podendo-se inferir que sob condições desfavoráveis de umidade no solo, as plantas apresentaram maior eficiência em seus sistemas fotossintéticos, tendo em vista que em condições adequadas de umidade, não se teve maior controle dessas atividades por parte das plantas, assim como também pode ser compreendido como um mecanismo de defesa da cultura, onde faz-se necessário maior controle de suas atividades fisiológicas com objetivo de racionalizar os recursos hídricos escassos. O fechamento estomático e a consequente redução do fluxo normal de CO_2 em direção ao sítio de carboxilação constituem um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese sendo a água um dos fatores fundamentais responsáveis pelo processo que regula a abertura ou fechamento dos estômatos (BOSCO et al., 2009).

Resultados divergentes foram encontrados por Silva et al. (2015) que analisaram trocas gasosas em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação onde constataram que a taxa fotossintética dessa cultura aumenta com o acréscimo da reposição hídrica. Os mesmos autores relataram também que os valores mais expressivos de trocas gasosas (A , E , g_s , C_i , EUA e E_iC_i) nas plantas de berinjela, de forma geral, foram observados quando se utilizaram, na irrigação, lâminas estimadas entre 123,52 e 166% da ET_c .

Segundo Santos et al. (2007), a maioria das espécies cultivadas em condições de estresse hídrico, a atividade fotossintética pode ser limitada por fatores estomáticos e não estomáticos. O fechamento estomático é um mecanismo para prevenir a desidratação da planta (JONES, 1985; LAFFRAY & LOUGHET, 1990), diminuindo as trocas gasosas. Também podendo ocorrer sob desidratação, uma redução do metabolismo fotossintético, devido ao decréscimo da habilidade do cloroplasto para regenerar a RuBP (FLEXAS e MEDRANO, 2002). Assim, a eficiência intrínseca do uso da água (EUA), isto é, a taxa de assimilação de CO_2 obtida para uma dada condutância estomática (A/g_s), pode ser considerada um relevante parâmetro para a seleção de plantas tolerantes ao déficit hídrico, principalmente entre espécies C_3 (OSMOND et al., 1980), tal como a berinjela.

4.2 Características de crescimento e fito massa

Não foi observada interação entre os fatores avaliados, ocorrendo apenas significância dos resultados para as doses de fósforo nas variáveis: altura de plantas (AT) aos 45 dias após o transplante, número de folhas (NF) aos 30 e 45 DAT, já para as

variáveis massa seca das folhas (MSF) e massa seca caule (MSC) houve significância dos resultados tanto para lâmina como para a dose (Tabela 8).

Tabela 8: Resumo da análise de variância relativa às variáveis de crescimento: diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP), número de folhas (NF) aos 15, 30 e 45 dias após o transplante (DAT) e as fitomassa seca da folha (FSF) e fitomassa seca do caule (FSC) em plantas de berinjela variedade Embú (roxa cumprida) aos 45 DAT, sob distintas lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017).

Quadrados médios								
FV	Época	Lâmina (L)	Dose P (D)	L x D	Bloco	Erro	CV	Média
DC	15	2,0839 ^{ns}	0,7220 ^{ns}	0,3296 ^{ns}	6,4297*	1,1426	17,51	6,103
	30	0,3562 ^{ns}	1,6972 ^{ns}	0,5879 ^{ns}	9,0932*	1,3463	14,97	7,756
	45	6,3720 ^{ns}	1,5322 ^{ns}	1,6018 ^{ns}	9,6695*	1,8687	15,25	8,966
AT	15	6,4802 ^{ns}	5,3141 ^{ns}	4,6325 ^{ns}	73,614*	18,3107	25,47	16,802
	30	0,5062 ^{ns}	16,0062 ^{ns}	7,5296 ^{ns}	188,118*	30,5226	19,83	27,862
	45	4,9702 ^{ns}	86,0890*	3,1073 ^{ns}	207,988*	17,8715	11,77	35,902
NF	15	29,7562 ^{ns}	17,9281 ^{ns}	6,8656 ^{ns}	93,8229*	25,3182	39,12	12,862
	30	19,8330 ^{ns}	69,3492*	13,878 ^{ns}	84,282 ^{ns}	24,4601	30,57	16,179
	45	0,8145 ^{ns}	209,244*	11,403 ^{ns}	83,586 ^{ns}	39,4059	22,53	27,857
FSF	45	49,996*	129,90**	4,0912 ^{ns}	3,2461 ^{ns}	7,8866	17,13	16,392
FSC	45	777,39**	103,49**	17,336 ^{ns}	27,240 ^{ns}	10,772	11,04	29,735
GL	-	1	4	4	3	27	-	-

** Significativo ao nível de 1%; * 5 % de probabilidade; ns não significativo pelo teste F; FV (fonte de variação); GL (grau de liberdade).

Estudando-se o diâmetro de caule das plantas de berinjela, verifica-se que a maior distinção entre as doses de fósforo para as lâminas foi observada aos 45 dias após o transplante (Figura 3A e 3C), tal fato é relativo ao maior tempo de estresse e, possivelmente, a solubilização do fósforo, elemento importante na formação de tecido vegetal (TAIZ et al., 2015).

Considerando-se a avaliação nesse período, pode se notar, que as plantas irrigadas com 50% da ETr, que o aumento da dose de fósforo até 106% da recomendação proporcionou um incremento no diâmetro de caule das plantas, constatando-se um valor na ordem 9,0 mm. Já nas plantas sob lâminas de 100% da ETr, nota-se que a dose de fósforo foi de 46,7% da recomendação, quando se obteve um valor de 9,8 mm, valor 9% superior ao obtido na menor lâmina, o que é aceitável, denotando a tolerância das plantas de berinjela e a importância da nutrição adequada de fósforo.

Para a lâmina de 100% da ETr em resposta as doses de fósforo, os valores de máximo crescimento foram obtidos em 75,8% da recomendação, correspondendo a 39,1 cm para a variável altura de planta, não sendo assim observado diferença entre as lâminas para essa característica, porém doses superiores de P propiciaram as plantas

submetidas a lâmina 50% da ETr manter-se nos mesmos patamares em relação a lâmina com 100% da ETr (Figura 3B e 3D).

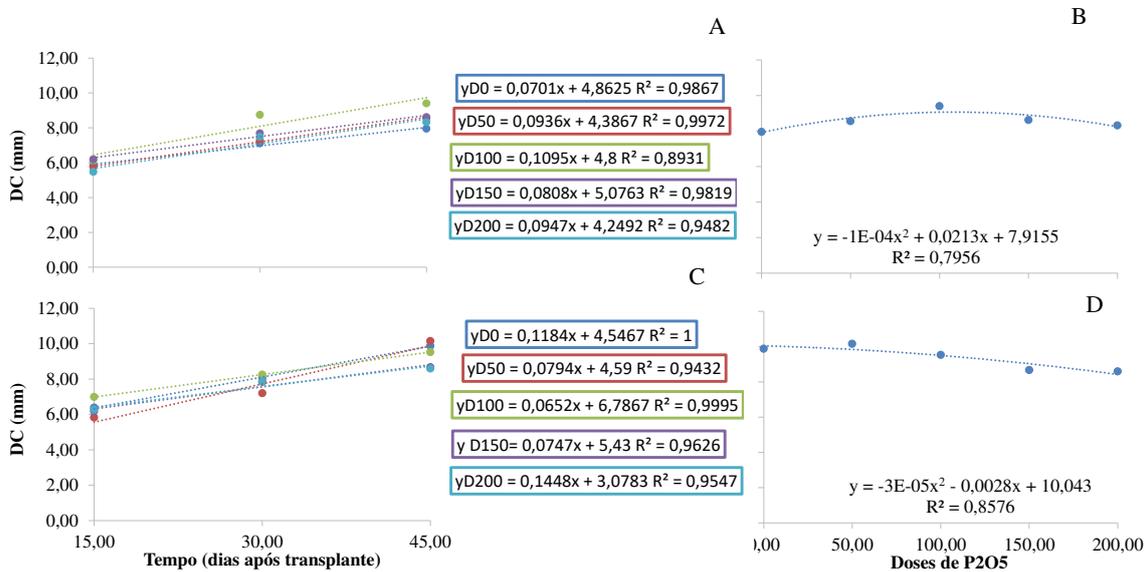


Figura 3: Funções de resposta ao incremento de P₂O₅ para o diâmetro de caule das plantas de berinjela em função do tempo (A e C) e das doses de P₂O₅ (B e D) sob lâmina de 50% (A e B) e 100% (C e D) da ETr, CCTA/UFPG Pombal, PB, 2017.

A altura de planta, teve a maior diferença dos valores também aos 45 DAT (Figura 4A e C). Observando resposta positiva na lâmina de 50% da ETr, em resposta ao incremento da dose de fósforo em até 86,7% da recomendação, com valor de 38,9 cm para a característica altura de planta.

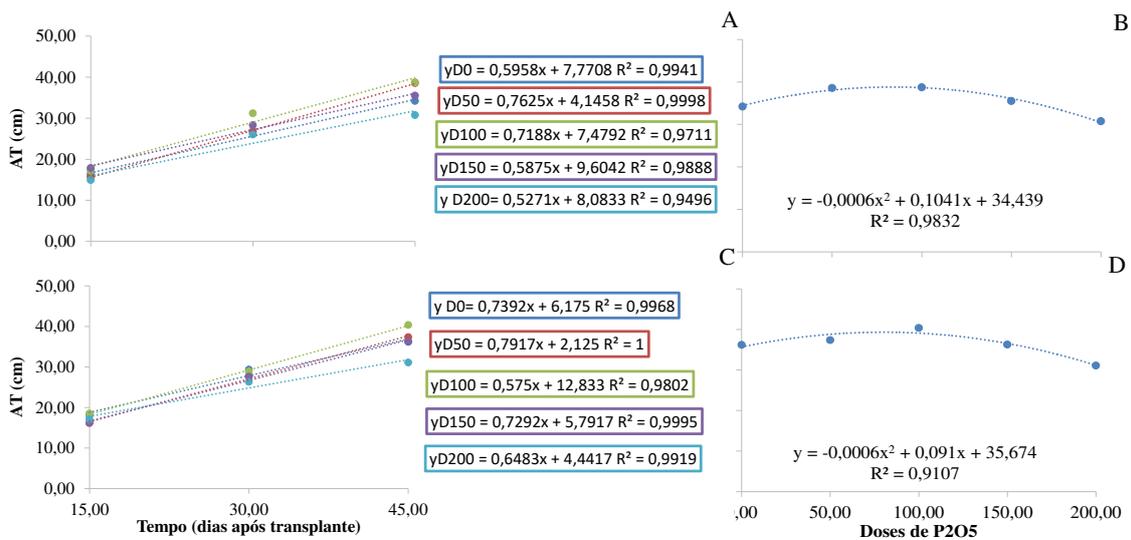


Figura 4: Funções de resposta ao incremento de P₂O₅ para a altura de plantas de berinjela em função do tempo (A e C) e das doses de P₂O₅ (B e D) sob lâmina de 50% (A e B) e 100% (C e D) da ETr, CCTA/UFPG Pombal, PB, 2017.

Como as demais variáveis, o número de folha demonstrou o mesmo comportamento em resposta do tempo para com as doses de fósforo. Para lâmina de 50% da ETr a dose que proporcionou melhor resultado corresponde a 98,4% da recomendação, com um número de folhas de 32,8. Já para as plantas irrigadas com a lâmina de 100% ETr os melhores resultados foram obtidos com a dose de 95,1% da recomendação, com um acréscimo de 2% do obtido na menor lâmina, correspondendo a 33,5 o número de folhas (Figura 5).

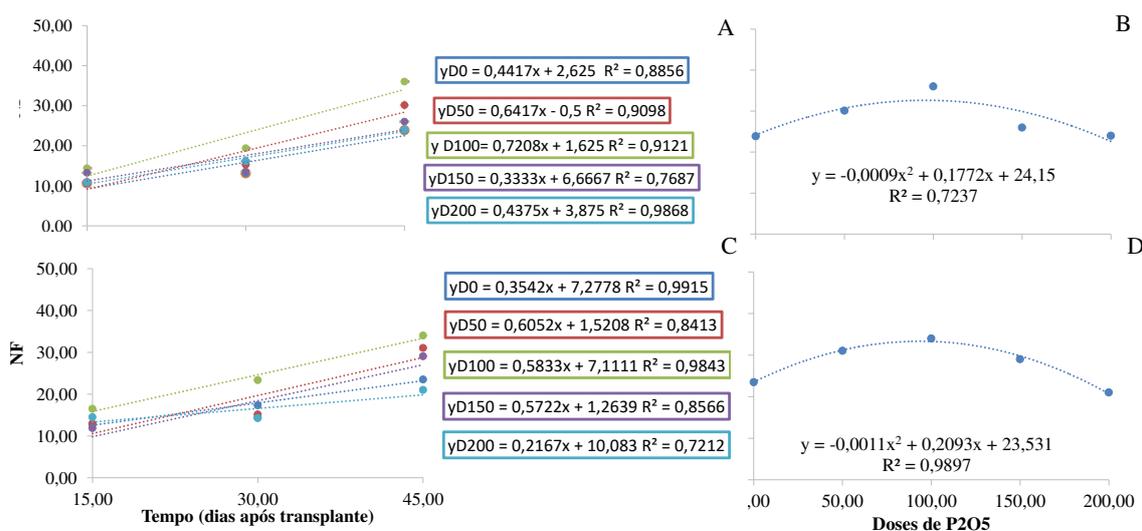


Figura 5: Funções de resposta ao incremento de P₂O₅ para o número de folhas de berinjela em função do tempo (A e C) e das doses de P₂O₅ (B e D) sob lâmina de 50% (A e B) e 100% (C e D) da ETr, CCTA/UFCEG Pombal, PB, 2017.

4.3 Fitomassa seca das plantas

De acordo com o observado na Tabela 9, houve efeito significativo para as variáveis fitomassa seca das folhas (FSF) e fitomassa seca do caule (FSC) entre as lâminas, quando submetidas a 100% da ETr, com incremento de 33,23 e 23,06%, podendo se inferir que houve influência do estresse hídrico sobre esta variável.

Tabela 9: Valores médios para as variáveis: fitomassa seca das folhas (FSF) e fitomassa seca do caule (MSC) da berinjela variedade Embú (roxa cumprida) sob distintas lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017).

Lâminas de Irrigação	FSF	FSC
50%	13,51b	30,53b
100%	18,00a	37,62a
Média	16,39	29,73
CV (%)	17,13	11,04

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A adubação fosfatada proporcionou um incremento nas variáveis fitomassa seca das folhas (FSF) e fitomassa seca do caule (FSC). Com o aumento das concentrações de P_2O_5 , havendo um incremento nas variáveis, independente da lâmina aplicada. No entanto, as plantas irrigadas com 100% da ETr apresentaram melhores resultados para ambas características (Tabela 9).

A lâmina de 50% da ETr obteve o melhor resultado com a dose de 62,40% da recomendação, com um incremento de 17,99 g para massa seca da folha. Já a lâmina de 100% da ETr, a dose de máximo corresponde a 79,12% da recomendação, com uma resposta de 19,83g para a massa seca das folhas, com um acréscimo de 11% na lâmina de 100% ETr em relação a menor lâmina (Figura 6A e B).

É importante ressaltar que a maior diferença obtida entre as lâminas está na dose de 0,0% da recomendação, onde os tratamentos que receberam a adubação fosfatada (50%, 100%, 150% e 200%) não apresentarão efeito significativo para o fator lâmina na variável massa seca das folhas.

Assim sendo, a adubação fosfatada apresentou efeito mitigador, já que o acréscimo de 11% nas plantas irrigadas com 100% da ETr foi observado apenas na dose de 0,0% da recomendação (Figura 6A e 6B). De acordo com Bernier et al. (2008) sob condições de seca, plantas que crescem mais lentamente e tem menor condutância estomática podem ter um melhor desempenho na acumulação de fitomassa por grama de água transpirada. Em conjunto com este fator, o fósforo atua no processo de transferência de energia, assim, é indispensável para fotossíntese, translocação dentre outros processos metabólicos de relevância (TAIZ et al., 2015).

O efeito do fator dose fósforo para a massa seca do caule, também apresentou resposta favorável ao incremento de P_2O_5 para as lâminas de 50 e 100% da ETr. A dose de máximo para 50% da ETr corresponde a 97,62% da recomendação de adubação, representado por 29,55g para a massa seca do caule. Já para a lâmina de 100% da ETr, a dose de máximo ficou na faixa de 80,21% da recomendação, com valores de massa seca

do caule em 37,51g, com um incremento de 27% da maior lâmina em relação a menor (Figura 6A e B).

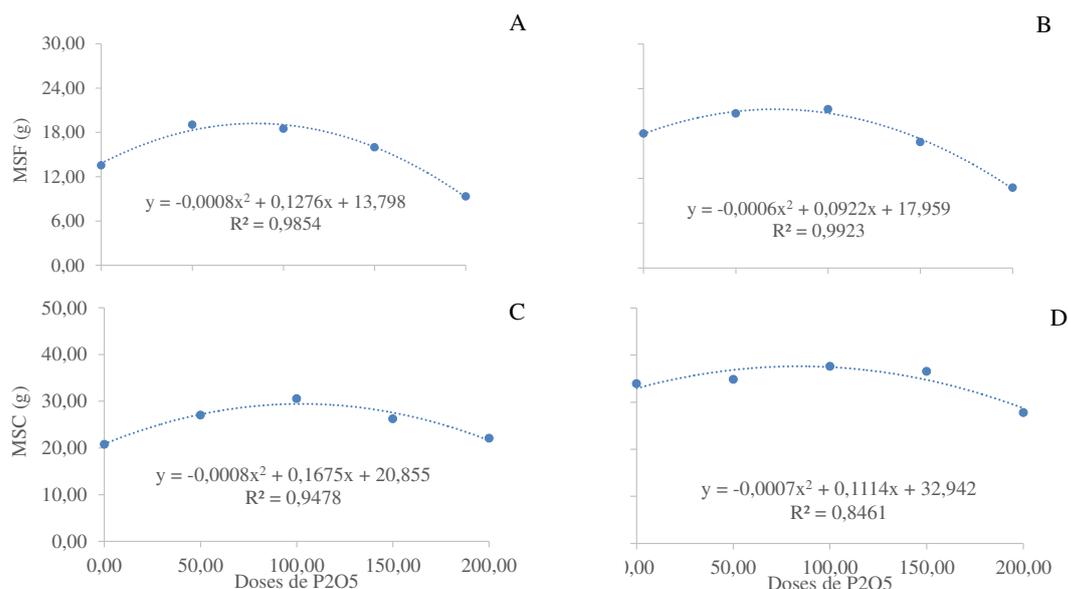


Figura 6: Massa seca das folhas (MSF) (A e B) e massa seca do caule (MSC) (C e D) com doses de P₂O₅ sob lâmina de 50% (A e C) e 100% (B e D) da ETr, CCTA/UFMG Pombal, PB, 2017.

Com os resultados obtidos, tanto na fisiologia, no crescimento e na fitomassa seca da planta, as plantas em condições de déficit hídrico necessitaram de doses mais elevadas de fósforo quando comparadas a plantas em condições adequadas de umidade, onde o incremento das doses de P não foi o suficiente para contornar a condição de estresse hídrico para a maioria das variáveis, apenas para fitomassa seca das folhas apresentou resposta similar entre as lâminas e somente para os tratamentos que receberam a adubação fosfatada.

Em muitas espécies de plantas, tem mostrado que o suprimento de P na fase inicial da vida é fundamental para o ótimo rendimento da cultura. A falta de P no início do desenvolvimento restringe o crescimento, condição da qual a planta não mais se recupera. Isto limita seriamente a produção. A falta de P no período mais tardio do ciclo

tem muito menor impacto na produção da cultura do que a no início (GRANT et al. 2001).

Segundo Filgueira (2003), em pesquisa com adubação de berinjela, visando a produção comercial do fruto, indica que a quantidade de P recomendado tem variado de 200 a 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅, de acordo com o tipo de solo, cultivar e disponibilidade desse nutriente no solo. As baixas concentrações de P conciliado com uma difícil dinâmica nos solos brasileiros, os processos de adsorção com baixa reversibilidade, denominados por alguns autores como fixação, faz com que os adubos fosfatados sejam os mais consumidos no Brasil, embora as necessidades das culturas sejam relativamente baixas (LUCHESE, 2002).

4.4 Produção

Estudando-se as variáveis de produção, não se verificou efeito significativo da interação em nenhuma das variáveis avaliadas, ao estudar os fatores de forma isolada, nota-se diferenças, apenas, entre as lâminas de água (Tabela 10). Tal comportamento reflete o que foi visto nas trocas gasosas e no crescimento das plantas, onde se constatou diferenças significativas entre as lâminas, embora nas variáveis de crescimento tenha se notado efeito das doses de fósforo em todas as variáveis.

Tabela 10: Resumo da análise de variância relativa as variáveis produção (g planta⁻¹), número de frutos por planta (NFPI) (frutos planta⁻¹), massa média de frutos (MMF) (g) e produtividade (kg ha⁻¹) das plantas de berinjela variedade Embú (roxa cumprida) sob distintas lâminas de irrigação e doses de fósforo (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017).

Quadrados médios							
FV	Lâmina (L)	Dose P (D)	L x D	Bloco	Erro	CV	Média
Produção	1436898,31**	27781,09 ^{ns}	16058,65 ^{ns}	2873,22 ^{ns}	35161,28	17,48	1072,78
NFPI	26,23**	1,08 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,01	13,52	7,44
MMF	4073,44**	20,78 ^{ns}	158,82 ^{ns}	62,47 ^{ns}	144,49	8,42	142,74
Produtividade	399138419,3**	7716970,4 ^{ns}	4460737,4 ^{ns}	798118,1 ^{ns}	9767021,9	17,48	17879,4
GL	1	4	4	3	27	-	-

** Significativo ao nível de 1%; * 5 % de probabilidade; ns não significativo pelo teste F; FV (fonte de variação); GL (grau de liberdade).

As diferenças entre as lâminas podem ser relacionadas ao efeito da disponibilidade hídrica em todos os processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas, já que a água é o maior constituinte celular. Já em relação à falta de efeito das doses de fósforo, embora este seja um elemento de importância no metabolismo celular, participando, principalmente, dos processos energéticos, já que faz parte da molécula de trifosfato de adenosina (TAIZ et al., 2015), nota-se que o solo,

inicialmente, possuía grande concentração do elemento, como pode ser visto na análise do solo, fato que foi previsto no planejamento experimental, o que fez com que fosse feita a opção de usar a dose 0,0 de P₂O₅, mesmo sabendo que há vários processos que o deixam não lábil.

Embora deva ser considerado tal resultado da análise de variância, o intuito é verificar se as doses de fósforo têm efeito na atenuação do estresse hídrico. Neste sentido realizou-se o desdobramento da interação das variáveis em estudo por meio da análise de variância, o que pode ser observado na Figura 7.

Na produção de frutos por planta (Figura 7A), nota-se que a redução da disponibilidade hídrica reduziu os valores independentes das doses de fósforo. Todavia, ao estudar a combinação dos fatores, nota-se que a maior produção foi obtida nas plantas sob irrigação 100% da ETo combinada a dose de P₂O₅ equivalente a 37,4% da recomendação, observando-se um valor de produção de 1329 g de frutos por planta, já quando as plantas foram irrigadas com a lâmina equivalente a 50% da ETo, notou-se maior produção na dose equivalente a 103,4% da dose recomendada, obtendo-se uma produção de 934,59 g de frutos por planta, ou seja, valor 29,7% inferior ao constatado no melhor tratamento.

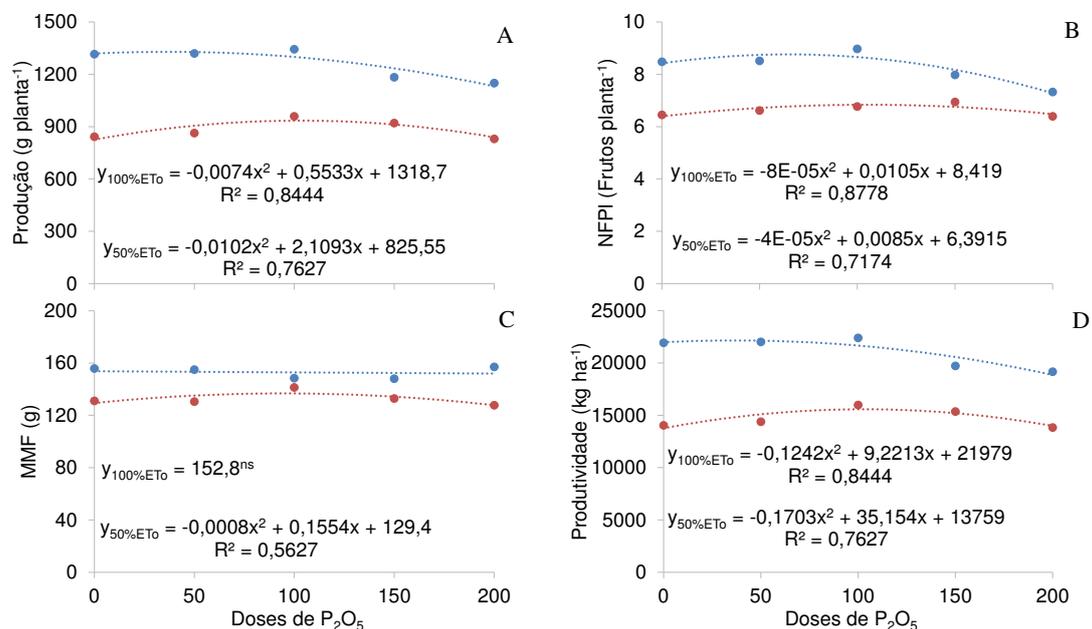


Figura 7: Produção de frutos (produção, g planta⁻¹) (A), número de frutos por planta (NFP) (B), massa média do fruto (MMF) (C) e produtividade (P) (kg ha⁻¹) (D) das plantas de berinjela em função das doses de P₂O₅ e lâminas de irrigação, avaliadas aos 130 dias após o transplante (CCTA/UFCG Pombal, PB, 2017).

Todavia, ao analisar a produção de frutos por planta (Figura 7A) somente nas plantas irrigadas com 50% da ETr, nota-se que o aumento da dose de fósforo até o valor de 103,4% da recomendação aumentou a produção em 13,2%, quando comparada com a produção obtida na menor dose (0% da recomendação), onde se constatou uma produção de 825,55 g de frutos por planta.

Os resultados observados na produção (Figura 7A) também foi observado para o número de frutos por planta (NFP) (Figura 7B), na massa média de frutos (MMF) (Figura 7C) e na produtividade (P) (Figura 7D), onde a maior disponibilidade hídrica proporcionou às plantas os maiores valores dessas características de produção.

No número de frutos das plantas (Figura 7B) sob a lâmina 100% da ETr, nota-se que a dose equivalente a 65,6% da recomendação proporcionou a maior média, já na variável massa média de frutos (MMF) (Figura 7C) das plantas sob essa lâmina, não se notou efeito das doses de fósforo, constatando-se um valor médio de 152,8 g por fruto. Todavia, ao se analisar a produtividade (Figura 7D), é possível notar que os maiores valores são observados nas plantas sob a dose equivalente a 37,2% da recomendação. Resultados que comprovam que a disponibilidade de fósforo no solo foi suficiente para a garantia da produção das plantas, como destacado.

Já na condição de déficit hídrico, ou seja, nas plantas irrigadas com lâmina equivalente a 50% da ETr, nota-se comportamento quadrático no número de frutos por planta (Figura 7B), na massa média dos frutos (Figura 7C) e na produtividade (Figura 7D), verificando-se os maiores valores nas doses estimadas equivalente a 106,25%, 97,12% e 103,2%, respectivamente, da recomendação, ou seja, nas doses próximas a recomendação são ideais para a produção de berinjela na condição de déficit hídrico, amenizando o efeito do estresse.

Deve-se salientar que a disponibilidade de fósforo no solo está condicionada a vários fatores, entre eles a disponibilidade de água, pois, como o fluxo de fosfato do solo para as células do sistema radicular pode ocorrer de forma ativa (Taiz et al., 2015), quando se aumenta a concentração deste elemento no solo, aumenta-se a probabilidade de absorção do mesmo, proporcionando, assim, melhoria nas condições de crescimento e produção das plantas, como observado neste trabalho.

5 CONCLUSÕES

- Adubação acima da recomendação não proporciona melhorias nas características avaliadas.
- A adubação próxima a 100% da recomendação teve as melhores respostas para a lâmina de 50% da ETo, onde níveis inferiores ou superiores de P interferiram negativamente na maioria das características avaliadas.
- Não foi observado interação entre os fatores avaliados (lâminas e doses), porém em condições de déficit hídrico, a adubação com 100% da recomendação proporcionou efeito atenuante do estresse.
- Em condições de déficit hídrico onde a água é um fator limitante para irrigação, recomenda-se uma adubação fosfatada adequada à cultura, no entanto a falta de água não pode ser totalmente contornada com a adubação fosfatada.

6 REFERÊNCIAS

- BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.730-735, 2010.
- BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Revista Ceres**, v.56, p.296-302. 2009.
- CARVALHO, DANIEL F. de et al. Coeficiente de cultura e consumo hídrico da berinjela em sistema de plantio direto e de preparo convencional do solo. **Eng. Agrícola**, [online]. 2012.
- CARVALHO, J. A.; SANTANA, M.; PEREIRA, G. M. PEREIRA, J. R. D.; QUEIROZ, T. M. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Eng. Agrícola**, v.24, n.2, p.320-327, 2004.
- CARVALHO, J. DE A.; SANTANA, M. J. DE.; PEREIRA, G. M.; PEREIRA J R. D.; QUEIROZ, T. M. DE. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela. (*Solanum melongena* L.) **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.320-327, maio/ago. 2004.
- CHAVES, MM; OLIVEIRA, MM Mecanismos subjacentes à resiliência das plantas aos déficits hídricos: perspectivas de economia de água. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.407, p.2365-2383, 2004. Disponível em: <<http://jxb.oxfordjournals.org/content/55/407/2365.short>>. Acesso em: 09 março 2017.
- CORRÊA, F. L. O; SOUZA, C. A.S; CARVALHO J. G; MENDONÇA, V. Fósforo e zinco no desenvolvimento de mudas de Aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 793-796, 2002.
- CORREA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 12, dez. 2004.
- DERIVI, S.C.N. et al. Efeito hipoglicêmico de rações à base de berinjela (*Solanum melongena* L.) em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.2, p.164-169, 2002.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. 2nd ed. Sunderland: Sinauer, 2005.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA-FILHO, M.P.; STONE, L.F, Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: YAMADA, T., ABADÍA, S.R.S (Ed.) Fósforo na agricultura brasileira, Piracicaba: Potafos, p. 435-455. 2004.

- FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. Lavras: Editora Ufla, 2º ed. ampliada e revisada. 2009.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa-MG : UVF, 2003.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008.
- FIRMINO, R.S.; KUWAHARA, F.A.; SOUZA, G.M. Relação entre adubação fosfatada e deficiência hídrica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.1967-1973, out, 2009.
- FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, v.89, p.183-189, 2002.
- GAHOONIA, T. S.; RAZA, S.; NIELSEN, N. E. Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 159, n. 2, p. 213-218, 1994.
- GÄRDENÄS, A.I.; HOPMANS, J.W.; HANSON, B.R.; SIMÜNEK, J. S. Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 74, p. 219–242, 2005.
- GRANT, C. A. FLATEN, D. N. TOMASIEWICZ, D. J. SHEPPARD, S. C., A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. POTAFOS - Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Informações agronômicas nº 95 - setembro de 2001. Disponível em: < [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/$FILE/Page1-5-95.pdf) > acesso em: 01, maio. 2017.
- JONES, H.G. Partitioning stomatal and non-stomatal limitation to photosynthesis. **Plant, Cell and Environment**, v.8, p.95-104, 1985.
- JORGE, P.A. R. et al. Efeito da berinjela sobre os lipídeos plasmáticos, a peroxidação lipídica e a reversão da disfunção endotelial na hipercolesterolemia experimental. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v.70, n.2, p.87-92, 1998.
- KLEIN, C. AGNE, S. A. A., Fósforo: de nutriente à poluente! Rev. **Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** (e-ISSN: 2236-1170). v(8), nº 8, p. 1713-1721, SET-DEZ, 2012.
- KUWAHARA, F.A.; SOUZA, G.M. Fósforo como possível mitigador dos efeitos da eficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv.MG-5 Vitória. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 261-267, 2009.

LAFFRAY, D.; LOUGUET, P. Stomatal responses and drought resistance. **Actual Botany**, v.1, p.47-60, 1990.

LÓPEZ-BUCIO, J.L.; HERNANDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETOJACOBO, M.F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and cause changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. *Plant Physiology*, v.129, p.244-256, 2002.

LUCHESE, E. B. Fundamentos da química do solo. Eduardo Bernardi Luchese, Luzia Otilia Bortotti Fávero, Ervim Lenzi. – Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: 2006.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2005.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. Manejo da irrigação em hortaliças. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPB, 1996.

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G. Embrapa Hortaliças Brasília, DF - Manejo de Irrigação em Hortaliças com Sistema Irrigas. 2009; Disponível me: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/ct_69_000gul1dume02wx7ha0g934vgsu6g49k.pdf > acesso em: 20, jan. 2017.

MAROUELLI, W. A; et al. Embrapa Hortaliças Brasília, DF – Ministério da agricultura e abastecimento. Irrigação na cultura da berinjela, 2014. Disponível me: <<file:///C:/Users/arian/Desktop/CT135.pdf> > acesso em: 01, junho. 2017.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 889p.2002.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed., London: Academic Press, 1995.

MONTEIRO, R. O. C.; COLARES, D. S.; COSTA R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. Função de resposta do meloeiro a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. *Horticultura Brasileira*, v.24, p.455-459, 2006.

MOREIRA, M. A; FONTES, P. C. R; CAMARGOS, M.I . Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.36, n.6, p. 903-909, 2001.

MOREIRA, S.R.; TRANI, P.E.; TIVELLI, S.W.; LEITE, D. Berinjela. Campinas: IAC, 2007. Disponível em: < <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/porassunto/hortalicas.php> > Acesso em 20/2017.

MORGAN, K. T.; PARSONS, L. R.; WHEATON, T. A. Comparison of laboratory - And field - Derived soil water retention curves for a fine sand soil using tensiometric resistance and capacitance methods. *Plant and Soil*, v.234, p.153-157, 2001.

OSMOND, C.; ZIEGLER, H. Physiological plant ecology II. In: OSMOND, C.; ZIEGLER, H. WATER (Ed.). Relations and carbon assimilation,. New York: **Verlag Berlin Heidelberg**, 1980.

PEREIRA, J.P.; BLANCK, A F.; SOUZA, R. J. de; OLIVEIRA, P. M. ; LIMA, L. A. Efeito dos níveis de reposição e frequência de irrigação sobre a produção e qualidade do rabanete. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3,n.1, 1999.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres–Potafos, 1991.

SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R.V.; OLIVEIRA, R.F.; MACHADO, E.C.; PIMENTEL, C. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. **Plant Science**, v.170, p.659-664, 2006.

SANTOS, M. G.; RIBEIRO, RAFAEL VASCONCELOS ; MACHADO, EDUARDO CARUSO ; PIMENTEL, CARLOS . Respostas fotossintéticas e potencial hídrico foliar de cinco genótipos de feijoeiro ao déficit hídrico moderado. In: XI Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 2007, Gramado. Suplimento da Brazilian Journal of Plant Physiology, 2007.

SHARPLEY, A. N. HALVORSON, D.A. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. In: LAL, R. & STEWART, B.A.(Ed). Soil Processes and Water Quality. Madison. p.7-89, 1994.

SILVA, F.G.; DUTRA, W.F.; DUTRA, A.F.; OLIVEIRA, I.M.; FILGUEIRAS, L.M.B.; MELO, A.S. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. v.19, n.10, p.946–952, 2015.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2006.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4. ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil. 2015.