

## IRRIGAÇÃO DE PIMENTAS-DE-CHEIRO *Capsicum frutescens* L. E *Capsicum chinense* Jacq. EM AMBIENTE AMAZÔNICO

MAILA PEREIRA DE ALMEIDA<sup>1</sup>; LEONARDO PAULA DE SOUZA<sup>2</sup>; MAX TEODORO DA SILVA<sup>3</sup>; JOSÉ GENIVALDO DO VALE MOREIRA<sup>4</sup>; EDUARDO PACCA LUNA MATTAR<sup>5</sup>; FRANCISCO GEAN DOS SANTOS MOTA<sup>6</sup>

\* Artigo extraído da Dissertação do primeiro autor

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, unidade da Universidade Federal de São Paulo, CEP 69.980.900, Cruzeiro do Sul, AC, Brasil, [mailapereiradealmeida@usp.br](mailto:mailapereiradealmeida@usp.br); ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-6538-3415>).

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, Professor Doutor do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, CEP 69.920.900, Rio Branco, AC, Brasil, [leonardo.souza@ufac.br](mailto:leonardo.souza@ufac.br); ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-4522-8020>).

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, CEP 69.901.352, Rio Branco, AC, Brasil, [maxteodoro@gmail.com](mailto:maxteodoro@gmail.com); ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-4131-5151>).

<sup>4</sup> Licenciado em matemática, Universidade Federal do Acre, Professor Doutor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. CEP 69.920-900, Rio Branco, AC, Brasil, [genivaldoufac@gmail.com](mailto:genivaldoufac@gmail.com); ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-2994-8482>).

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Adjunto, UFAC/Universidade Federal do Acre, CEP 69.917.708, Rio Branco, AC, Brasil, [eduardo.mattar@ufac.br](mailto:eduardo.mattar@ufac.br); ORCID (<https://orcid.org/0000-0001-9202-9879>).

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, CEP 69850000, Boca do Acre, AM, Brasil, [geansm.agro@gmail.com](mailto:geansm.agro@gmail.com); ORCID (<https://orcid.org/0009-0005-9818-6177>).

### 1 RESUMO

A irrigação é essencial no cultivo de pimentas em ambiente protegido, garantindo água suficiente para o desenvolvimento das plantas e maior produtividade. O manejo adequado mantém a umidade ideal, influenciando o crescimento, a qualidade dos frutos e a eficiência do sistema de produção. Assim, definir o momento de irrigar e a quantidade de água é fundamental para bons resultados. O objetivo deste trabalho foi identificar a tensão de água no solo para o início da irrigação em *C. frutescens* (Acemira®) e *C. chinense* (Lupita®) na Amazônia sul-ocidental brasileira. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial duplo 2 x 5 (cultivares x tensão da água no solo), com 5 repetições. Os tratamentos adotados para o início da irrigação foram 15 kPa; 30 kPa; 45 kPa; 60 kPa e 75 kPa. Para ambas as variedades, a produtividade da pimenta-de-cheiro decresceu com o aumento da tensão da água no solo e aumentou quando as plantas foram cultivadas com umidade próxima à capacidade de campo. Para otimizar o desenvolvimento vegetativo e produtivo das pimenteiras Acemira e Lupita, a irrigação deve ser iniciada quando a tensão da água no solo alcançar 15 kPa.

**Palavras-chave:** Solanáceas, gotejamento, tensão da água no solo.

ALMEIDA, M. P.; SOUZA, L. P. de; SILVA, M. T. da; MOREIRA, J. G. do V.;  
MATTAR, E. P. L.; MOTA, F. G. dos S.

IRRIGATION OF PIMENTAS-DE-CHEIRO *Capsicum frutescens* L. AND *Capsicum chinense* Jacq. IN THE AMAZON ENVIRONMENT

## 2 ABSTRACT

Irrigation is essential for chili pepper cultivation in protected environments, ensuring sufficient water plant supply development and increased productivity. Proper management maintains optimal soil moisture, directly influencing plant growth, fruit quality, and production efficiency. Therefore, determining the timing and amount of water to be applied is fundamental for satisfying the results. This study aimed to identify the soil water tension threshold for initiating irrigation in *Capsicum frutescens* (Acemira®) and *Capsicum chinense* (Lupita®) under the climatic conditions of the Southwest Brazilian Amazon. A completely randomized design was adopted, with treatments arranged in a  $2 \times 5$  factorial scheme (cultivars  $\times$  soil water tension), with five replications. The soil water tension levels for initiating irrigation were set at 15, 30, 45, 60, and 75 kPa. For both cultivars, the pepper yield decreased with increasing soil water tension and increased when the plants were grown under moisture conditions close to field capacity. To optimize the vegetative and productive development of the Acemira and Lupita pepper plants, irrigation should begin when the soil water tension reaches 15 kPa.

**Keywords:** Solanaceae, dripping, soil water pressure head.

## 3 INTRODUÇÃO

As pimentas (*Capsicum*) são hortaliças amplamente cultivadas no Brasil devido aos seus sabores distintos e à composição nutricional (Dutra *et al.*, 2010). O gênero *Capsicum*, pertencente à família *Solanaceae*, inclui as espécies *C. annuum*, *C. assamicum*, *C. baccatum*, *C. frutescens*, *C. chinense* e *C. pubescens*. (Ramchiary *et al.*, 2013). O Acre está localizado na região do trópico úmido, próximo à linha do Equador, na Amazônia Ocidental, que se caracteriza por um clima tropical úmido, com altas temperaturas e umidade relativa elevada ao longo do ano, além de chuvas abundantes. Nessa região, as espécies *C. frutescens* e *C. chinense* são amplamente cultivadas.

Na Amazônia, as pimentas constituem hortaliças tradicionais da dieta local, sendo cultivadas e comercializadas principalmente como frutos frescos, geralmente colhidos no estágio maduro. Além disso, são amplamente utilizadas na forma de conservas e molhos, atribuindo características marcantes de aroma e sabor à culinária regional, com grande parte do consumo vinculada a essas propriedades

sensoriais. (Reifschneider; Ribeiro, 2008). Além disso, apresentam potencial uso medicinal. A espécie *C. frutescens* demonstrou ações anti-hiperglicêmicas, anti-hiperlipidêmicas e propriedades protetoras (Maya *et al.*, 2021). Já a espécie *C. chinense* contém compostos com efeitos anti-inflamatórios e atividade antioxidante (Chel-Guerrero *et al.*, 2022), em como apresentar propriedades antifúngicas e antiparasitárias. (Menezes *et al.*, 2022).

O cultivo dessas espécies baseia-se no saber tradicional de agricultores locais, que as mantêm em pequenas áreas da Amazônia (Pereira *et al.*, 2017). Dada a relevância socioeconômica dessa cultura para a região, torna-se essencial investir em pesquisas sobre práticas de cultivo e manejo da irrigação, sobretudo em períodos de estiagem ou veranicos. Para que a planta atinja uma produção satisfatória, é necessário um fornecimento adequado de água ao longo de todo o ciclo de cultivo, atendendo às suas demandas hídricas médias (Pandey *et al.*, 2013).

Os produtores agrícolas enfrentam desafios em duas épocas distintas do ano: durante períodos de alta pluviosidade, o excesso de chuvas favorece o surgimento de

pragas e doenças fitopatológicas; já em períodos secos, o rendimento das culturas é reduzido. Nesse contexto, o cultivo protegido surge como uma alternativa eficaz para aumentar e melhorar a produção, pois permite o controle das condições ambientais, possibilitando o cultivo em regiões e climas adversos (Nguyen; Lantzke, 2022). Com esse sistema, é possível produzir durante todas as estações do ano, especialmente com o uso adequado da irrigação. Essa técnica tem sido amplamente adotada por agricultores em diversas regiões do Brasil para enfrentar intempéries climáticas e obter produção de alta qualidade.

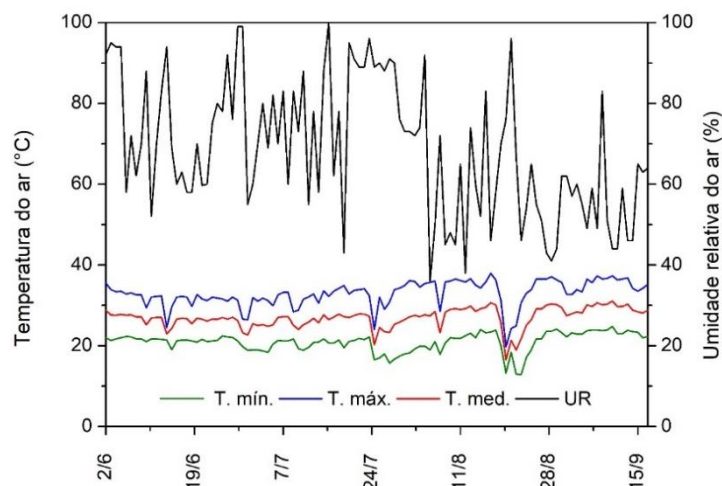
Assim, o manejo da irrigação é essencial para suprir a demanda hídrica das plantas, especialmente em sistemas protegidos. Entender essas interações é essencial para maximizar o crescimento e a produtividade, além de mensurar os efeitos do estresse hídrico. Pesquisas apontam que o monitoramento da tensão de água no solo favorece o desenvolvimento e a produção das pimenteiras, ao permitir o equilíbrio no fornecimento hídrico e evitar o excesso de água. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar o desempenho vegetativo e produtivo de duas variedades de pimenta-

de-cheiro — *C. frutescens* (Acemira®) e *C. chinense* (Lupita®) — cultivadas em ambiente protegido sob diferentes níveis de tensão de água no solo.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação sem controle ambiental, no município de Rio Branco, Acre, na área experimental agrícola da Universidade Federal do Acre (UFAC), situada na Rodovia BR-364, Km 04 – Distrito Industrial (9°57'35" S, 67°52'14" W; 163 m de altitude). O clima local é quente e úmido, classificado como Am segundo Köppen (Alvares *et al.*, 2013). A região apresenta temperatura média anual de 24,5 °C, umidade relativa em torno de 84% e precipitação anual de 1.700 a 2.400 mm, com estação seca bem definida. Durante o experimento, as temperaturas mínima, média e máxima do ar, além da umidade relativa, foram monitoradas pelo aplicativo Multi Sensor (Android). As variáveis meteorológicas observadas no interior da casa de vegetação estão apresentadas na Figura 1.

**Figura 1.** Médias diárias da temperatura do ar e umidade relativa do ar durante no período de 02/06/2020 a 15/09/2020 no interior da casa de vegetação, UFAC, Rio Branco, Acre, 2020.



Fonte: Autores, 2019.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (Santos *et al.*, 2018). Foram coletadas duas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm para análises químicas e físicas, apresentando as seguintes características: pH (H<sub>2</sub>O) = 4,6; K<sup>+</sup> = 62,6 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 1,6 cmolc dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,8 cmolc dm<sup>-3</sup>; B = 0,2 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 0,3 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 78 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 2,1 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 0,9 mg dm<sup>-3</sup>; Areia total = 420 g kg<sup>-1</sup>; Silte = 130 g kg<sup>-1</sup>; Argila = 450 g kg<sup>-1</sup>.

As variedades de pimenta utilizadas neste estudo foram Acemira® (*C. frutescens*) e Lupita® (*C. chinense*), semeadas em copos plásticos descartáveis com volume de 200 mL, contendo substrato orgânico comercial (Subras®). As plântulas foram irrigadas duas vezes ao dia — no início da manhã (7h) e no final da tarde (17h) — durante 30 dias consecutivos. O transplantio para o solo foi realizado após esse período, quando as mudas apresentaram cerca de 10 cm de altura, vigorosas e sadias, conforme Medeiros *et al.* (2010).

Quarenta dias antes do transplantio, o solo foi preparado por meio de cultivo mínimo, utilizando um microtrator com potência bruta de 18 CV, acoplado a uma enxada rotativa TA-49 com largura de trabalho de 750 mm, promovendo o revolvimento do solo e a incorporação de restos vegetais. Em seguida, covas foram abertas manualmente com dimensões de 20 cm × 20 cm × 20 cm. No fundo de cada cova foi incorporada cama de frango curtida na dose de 10 t ha<sup>-1</sup>. Em seguida, instalou-se o sistema de irrigação por gotejamento, composto por emissores de vazão média de 1,5 L h<sup>-1</sup>, espaçados a 20 cm em linhas laterais de 16 mm de diâmetro, conectadas a uma tubulação derivada de 35 mm. A pressurização do sistema foi realizada por bomba hidráulica solar Anauger®, alimentada por dois painéis fotovoltaicos de 90 Wp, com altura manométrica de 40 mca e capacidade de vazão de até 8.600 L d<sup>-1</sup>.

As mudas foram transplantadas em 7 de junho de 2020 (período seco), com espaçamento de 1,0 m × 0,75 m (equivalente a 13.333 plantas ha<sup>-1</sup>), totalizando 25 plantas por tratamento. Resíduos vegetais secos, oriundos da roçagem da área ao redor, foram distribuídos na superfície do solo ao longo das linhas de plantio como cobertura morta.

O experimento seguiu delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 × 5 (cultivares × tensões de água no solo), com cinco repetições. Os tratamentos corresponderam às tensões adotadas para o início da irrigação: 15 kPa (T1), 30 kPa (T2), 45 kPa (T3), 60 kPa (T4) e 75 kPa (T5).

Durante os primeiros sete dias, todos os tratamentos receberam uma lâmina de irrigação de 3,76 mm em 8 minutos, como forma de garantir o estabelecimento das mudas. A partir de 14 de junho de 2020, iniciou-se a diferenciação conforme os tratamentos. Para cada um, a irrigação era acionada assim que a tensão da água no solo atingia o valor pré-estabelecido, sendo desligada ao retornar a aproximadamente 10 kPa.

A tensão da água no solo para o tratamento de 15 kPa foi monitorada com sensores Irrigás®, enquanto para os demais (30 a 75 kPa), foram utilizados tensiômetros de punção com medidor digital, todos instalados a 20 cm de profundidade.

A curva de retenção de água no solo foi ajustada a partir dos dados de textura de areia e argila, conforme Saxton *et al.* (1986). Com os parâmetros obtidos, aplicou-se a Equação 1 para estimar a umidade atual do solo, válida no intervalo de 0 a 100 kPa. A lâmina bruta de irrigação foi determinada pela Equação 2, e o tempo de irrigação, pela Equação 3.

$$\Theta_a = 0,5483 T^{-0,211} (R^2) = 1 \quad (1)$$

$\Theta_a$ : umidade atual do solo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>), T: tensão da água no solo (kPa).

$$L_b = \left( \frac{\theta_{cc} - \theta_a * Z}{E_f} \right) \quad (2)$$

$L_b$ : lâmina bruta (mm),  $\theta_{cc}$ : umidade do solo na capacidade de campo ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ),  $\theta_{atual}$ : umidade do solo no momento de irrigar ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ),  $Z$ : profundidade irrigada do sistema radicular (300 mm),  $E_f$ : eficiência de aplicação da água (0,90).

$$T_i = \left( \frac{60 * L_b * A}{e * q_e} \right) \quad (3)$$

$T_i$ : tempo de irrigação (min.),  $A$ : área ocupada pela planta ( $\text{m}^2$ ),  $E$ : emissores por planta (2),  $q_e$ : vazão de cada emissor ( $\text{L h}^{-1}$ ).

O manejo das plantas daninhas foi realizado manualmente, enquanto o controle fitossanitário preventivo consistiu na aplicação de óleo de nim-indiano. (*Azadirachta indica* A. Juss.).

Foram realizadas duas colheitas: a primeira no dia 1º de setembro de 2020 (aos 85 dias após o transplantio), quando os frutos estavam no ponto de colheita; e a segunda no dia 19 de setembro de 2020 (aos 104 dias após o transplantio), com os frutos

já maduros. Foram avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro médio do caule (DMC, em mm), altura da planta (AP, em cm), número de hastes por planta (NHP, un.), número de folhas por planta (NFP, un.), número de frutos por planta (NFrP, un.), comprimento médio dos frutos (CMFr, em cm), diâmetro médio dos frutos (DMFr, em mm) e massa fresca dos frutos (MFFr, em g).

Os dados foram submetidos ao teste de verificação de dados discrepantes (Grubbs, 1969), à análise da normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) e à avaliação da homogeneidade das variâncias populacionais pelo teste de Bartlett (1937). Posteriormente, foi realizada a análise de variância, utilizando o teste de Fisher. O efeito das tensões da água no solo sobre as variáveis avaliadas foi representado por equações de regressão (Ferreira, 2019).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo da irrigação nas pimenteiras em função do início da irrigação para diferentes tensões da água no solo é apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Parâmetros do manejo da irrigação para as variedades de pimenta-de-cheiro Acemira® (*C. frutescens*) e Lupita® (*C. chinense*), irrigadas por gotejamento e cultivadas em casa de vegetação, UFAC/Rio Branco, Acre 2020.

Tensão da água no solo (kPa)	Total de irrigações (un.)	Tempo de irrigação (min.)	Intervalo médio entre irrigações (dias)
15	35	8	2
30	17	20	5
45	9	26	10
60	7	31	12
75	5	34	17

Fonte: Autores, 2019.

O tratamento com maior frequência de irrigação foi aquele iniciado com a tensão de 15 kPa, apresentando um acréscimo percentual de 85,7% em comparação à menor frequência observada, que ocorreu sob a tensão de 75 kPa. Em relação aos

intervalos entre irrigações, o maior intervalo foi registrado no tratamento com 75 kPa, com irrigações realizadas, em média, a cada 17 dias — uma diferença de 15 e 12 dias, respectivamente, em relação aos tratamentos com 15 kPa e 30 kPa.

As pimenteiras Acemira® (*Capsicum frutescens*) e Lupita® (*Capsicum chinense*) apresentaram desenvolvimento vegetativo e produtivo distintos (Tabela 2). A irrigação iniciada com a tensão de 15 kPa no solo proporcionou melhor crescimento e produção, superando os demais níveis de irrigação. A deficiência hídrica compromete

o crescimento celular e processos fisiológicos essenciais, resultando em estresse hídrico e na consequente redução do desenvolvimento (Tognon, 2010). Ramos *et al.* (2021) corroboram essa relação ao relatarem que uma tensão de 20 kPa aumentou o número médio de frutos.

**Tabela 2.** Comprimento médio dos frutos (cm), diâmetro médio dos frutos (mm), diâmetro médio do caule (mm), número de folhas por planta (un.), altura da planta (cm) e número de hastes (un.) por planta da pimenta-de-cheiro Acemira® (*C. frutescens*) e Lupita® (*C. chinense*) em função de diferentes tensões da água no solo para início da irrigação.

Variedades	CMF (cm)	DMF (mm)	DMC (mm)	NFP (un.)	AP (cm)	NHP (un.)
Acemira	5,9 a	19,5 a	9,6 a	113,2 a	74,1 a	4.4 a
Lupita	5,7 b	20,8 b	9,2 b	103,1 b	64,1 b	4.2 a
CV (%)	3,80	6,41	4,46	4,65	4,9	4,65

CMF: comprimento médio do fruto; DMF: diâmetro médio do fruto; DMC: diâmetro médio do caule; NFP: número de folhas por planta; AP: altura da planta e NHP: número de hastes por planta. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste F ao nível de 5% de significância.

**Fonte:** Autores, 2019.

Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram diferenças significativas no crescimento e desenvolvimento das variedades Acemira® (*Capsicum frutescens*) e Lupita® (*Capsicum chinense*), quando comparadas entre si. A variedade Acemira® apresentou desempenho vegetativo superior, com valores mais elevados para comprimento médio do fruto (CMF), diâmetro médio do caule (DMC), número de folhas por planta (NFP), altura da planta (AP) e número de hastes por planta (NHP). Esses resultados indicam que Acemira® possui um desenvolvimento mais vigoroso em comparação à Lupita®, o que pode ser um fator determinante na escolha da cultivar para sistemas de produção que priorizem maior biomassa e produtividade.

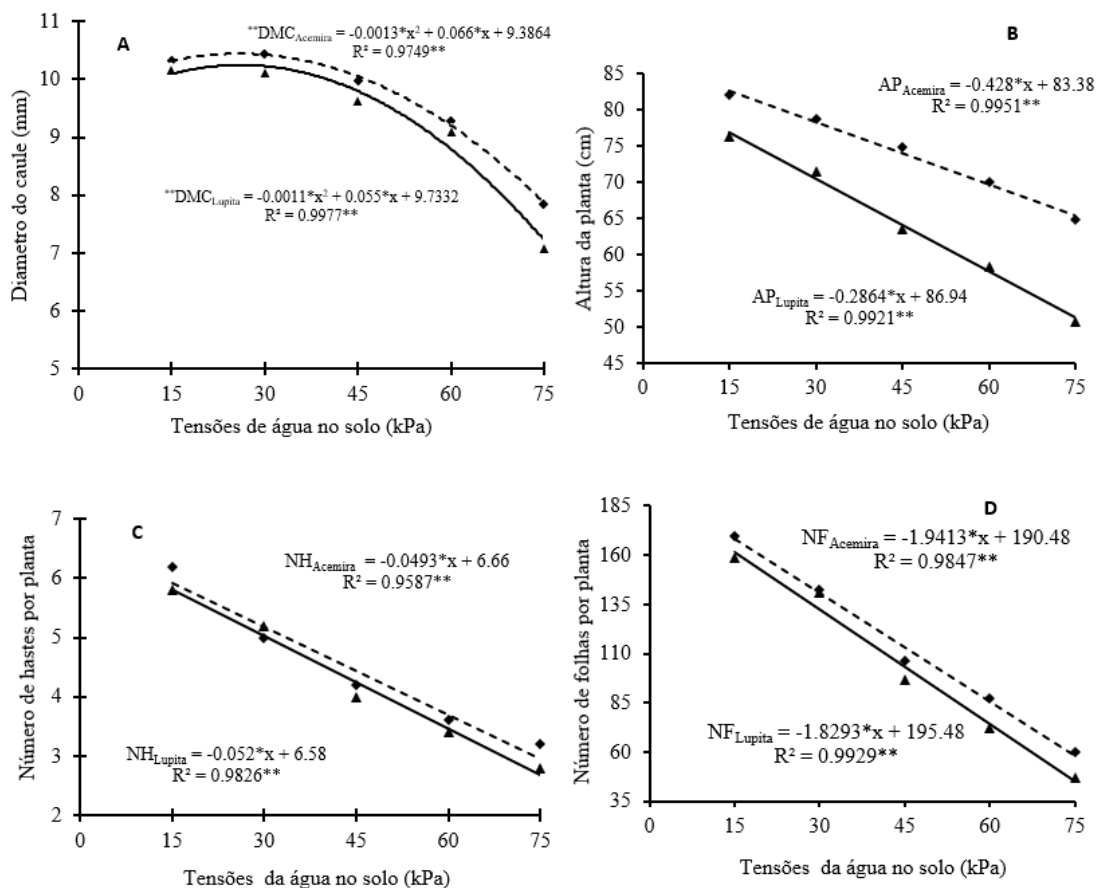
Por outro lado, a cultivar Lupita® apresentou maior diâmetro médio dos frutos (DMF), sugerindo uma característica vantajosa para mercados que valorizam

frutos de maior calibre. A análise estatística confirmou que todas as variáveis avaliadas diferiram significativamente entre as cultivares, conforme o teste F ao nível de 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

Esses resultados reforçam a importância da escolha varietal, uma vez que Acemira® se destaca pelo desenvolvimento vegetativo e produtivo superior, enquanto Lupita® demonstra vantagem quanto ao tamanho dos frutos.

As variáveis DMC, AP, NHP e NFP também são apresentadas na Figura 2, permitindo uma visualização clara das diferenças entre as variedades. Assim, a escolha da cultivar a ser utilizada deve considerar os objetivos do cultivo: seja para maximizar o crescimento vegetativo e a produção total de frutos (Acemira®), ou para atender a mercados que valorizam frutos com maior diâmetro (Lupita®).

**Figura 2.** (A) Diâmetro do caule, (B) Altura da planta, (C) Número de hastes por planta e (D) Número de folhas por planta das pimenteiras Acemira® (*C. frutescens*) e Lupita® (*C. chinense*), quando iniciada a irrigação em diferentes tensões da água no solo, Rio Branco, Acre, 2020.



**Fonte:** Autores, 2019.

Os valores de  $R^2$  foram significativos a  $p \leq 0,01$  (\*\*), indicando forte ajuste dos modelos de regressão aos dados. A variável DMC apresentou uma linha de tendência quadrática (Figura 2), com as máximas eficiências técnicas obtidas ao iniciar a irrigação em 30 kPa para a variedade Acemira® (*Capsicum frutescens*) e em 15 kPa para a variedade Lupita® (*C. chinense*), resultando em diâmetros médios de 10,4 mm e 10,2 mm, respectivamente.

Os valores de DMC, AP e NFP (Figura 2) confirmam os achados de Okunlola *et al.* (2017), que demonstraram a redução do desenvolvimento das espécies do gênero *Capsicum* em todos os estágios de crescimento sob déficit hídrico, visto que a água é essencial para o adequado

funcionamento fisiológico. Segundo Paongpetch *et al.* (2012), a proporção da área foliar pode ser reduzida em mais de 50% sob estresse hídrico, sendo esse um bom indicador da resposta produtiva das pimenteiras. Esses resultados reforçam que a água é um fator limitante para o crescimento das plantas.

Para a espécie *C. frutescens*, a redução na disponibilidade de água teve efeito significativo na diminuição do peso seco da parte aérea e das raízes, bem como no conteúdo relativo de água. Por outro lado, houve aumento na eficiência do uso da água (Siaga, 2020). Ainda para essa espécie, Zamlien *et al.* (2020) relataram que o estresse hídrico (50% da capacidade de campo) reduziu a produtividade e provocou

abscisão floral, inviabilizando a terceira colheita.

Quanto à espécie *C. chinense*, Goto *et al.* (2021) demonstraram que o potencial hídrico foliar e a condutância estomática diminuíram com o aumento do estresse hídrico.

Essa redução da condutância estomática afeta diretamente a taxa de fotossíntese, impactando negativamente a produtividade. Lathifah e Siswanti (2021) também observaram que o intervalo entre irrigações influenciou significativamente a produtividade dessa espécie.

Em referência ao NHP e DMC, apresentaram comportamento linear, sendo as melhores respostas obtidas quando as irrigações foram iniciadas na menor tensão da água no solo, 15 kPa (Figura 2).

Em relação ao número de folhas por planta (NFP) e à altura da planta (AP) das cultivares de *Capsicum chinense*, avaliadas aos 138 dias após a semeadura, observou-se uma resposta linear decrescente ao aumento das tensões da água no solo, com valores máximos obtidos quando a irrigação foi iniciada a 15 kPa (Figura 2).

As alturas mínimas observadas para as cultivares foram de 65 cm e 51 cm, respectivamente, sob irrigação iniciada a 75 kPa, representando reduções percentuais de 21% e 32% em relação aos valores máximos. Isso evidencia a diminuição do crescimento vegetativo com o aumento do estresse hídrico (Figura 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Lima *et al.* (2013), que constatarem aumento da altura de plantas de pimentão com o incremento da lâmina de irrigação.

O comportamento do NFP seguiu a mesma tendência da AP, apresentando reduções com o aumento das tensões da água no solo. O estresse hídrico interfere diretamente na expansão e alongação celular, processos fisiológicos dependentes da disponibilidade hídrica, cuja restrição paralisa o crescimento e reduz a área foliar (Tognon, 2010).

O aumento da tensão da água no solo reduz sua disponibilidade, dificultando a absorção pela planta e levando à diminuição do porte vegetativo. Taiz e Zeiger (2013) destacam que a limitação da água disponível causa queda na turgidez foliar, resultando na lentidão da expansão e, consequentemente, na diminuição da área foliar.

Borràs *et al.* (2021) investigaram o efeito de estresses hídricos agudos na composição bioquímica de frutos de pimentão, observando que o estresse em diferentes estágios de desenvolvimento induz atrasos no amadurecimento dos frutos e modula o acúmulo de compostos bioativos, os quais têm papel fundamental no status redox e no ajuste osmótico das plantas.

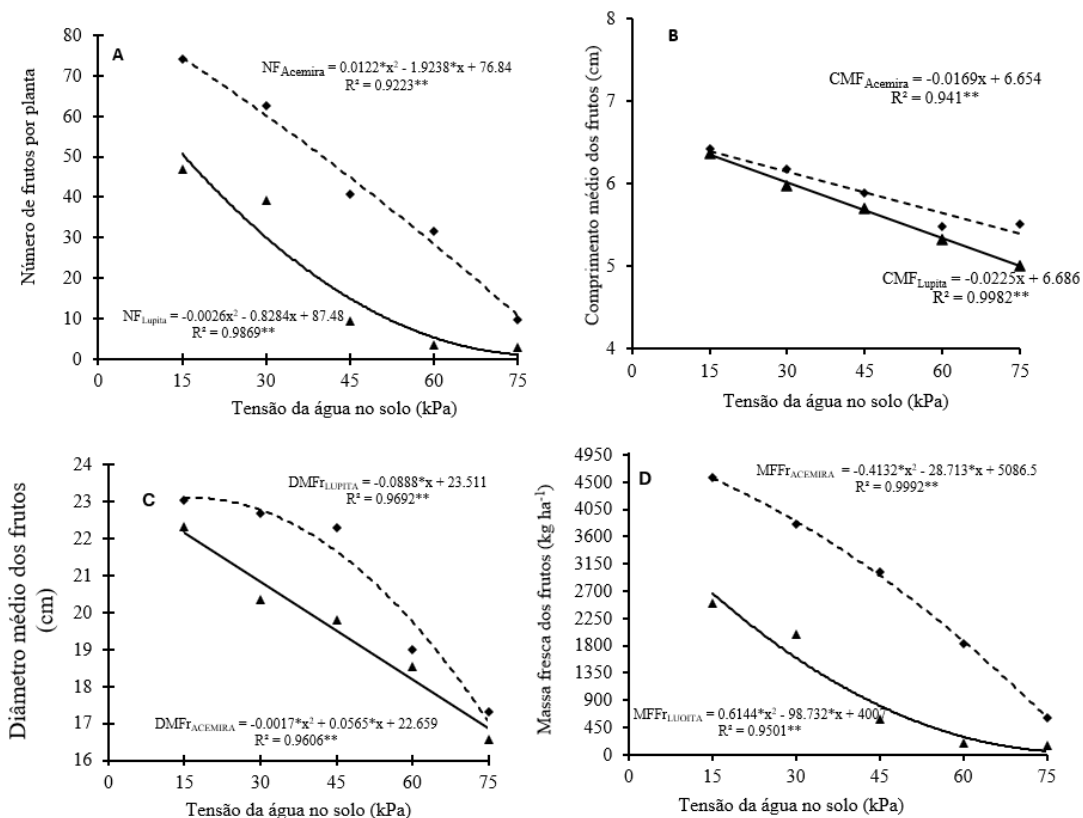
Os resultados para AP, NFP e DMC corroboram os achados de Okunlola *et al.* (2017), os quais observaram que, sob déficit hídrico, o desenvolvimento das plantas do gênero *Capsicum* é comprometido em todos os estágios. Segundo Paongpetch *et al.* (2012), a redução da área foliar em mais de 50% sob estresse hídrico é um bom indicativo das respostas fisiológicas das pimenteiras, sendo a relação folha/caule e caule/raiz também úteis como critérios de avaliação sob tais condições.

A maioria das respostas adaptativas à seca permite que a planta opere sob condições de recursos limitados, como água e minerais (Poorter; Nagel, 2000). Além disso, a escassez hídrica compromete a absorção de nutrientes — especialmente nitrogênio e cálcio — com efeitos negativos expressivos no crescimento vegetal (McDonald; Davies, 1996).

A redução no número de frutos (NF) foi um fator importante que contribuiu para a queda da produtividade com o aumento da tensão da água no solo (Figura 3). As cultivares Acemira® (*C. frutescens*) e Lupita® (*C. chinense*) apresentaram maiores produtividades sob irrigação iniciada a 15 kPa e 30 kPa. A partir dessas tensões, a produção foi reduzida em mais de 30 pontos percentuais nos demais tratamentos.



**Figura 3.** (A) Número de frutos por planta, (B) Comprimento médio dos frutos, (C) Diâmetro médio dos frutos e (D) Massa fresca dos frutos das pimentas Acemira® (*C. frutescens*) e Lupita® (*C. chinense*), quando iniciada a irrigação em diferentes tensões da água no solo, Rio Branco, Acre, 2020.



Fonte: Autores, 2019.

O aumento das tensões da água no solo dificulta a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Essa limitação contribuiu para a redução no número de frutos (NF) em aproximadamente 86% para a cultivar Acemira® (*C. frutescens*) e 94% para a cultivar Lupita® (*C. chinense*), quando comparado o tratamento de 15 kPa com o de 75 kPa. A menor disponibilidade hídrica no solo é um dos principais fatores que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas, resultando em perdas superiores a 60% na produção, o que compromete significativamente o rendimento das culturas (Rabara *et al.*, 2015).

Embora as médias tenham sido estatisticamente diferentes, o comprimento médio dos frutos (CMF) foi menor em ambas as cultivares sob irrigação iniciada a 75 kPa, com redução de 0,90 cm (14%) para

Acemira® e de 1,4 cm (22%) para Lupita®, em comparação à irrigação iniciada em 15 kPa.

O diâmetro médio dos frutos (DMFr) não apresentou interação significativa entre os fatores testados. Independentemente da cultivar, observou-se resposta positiva (maior comprimento e diâmetro dos frutos) à redução da tensão da água no solo (Figura 3).

Quanto à massa fresca dos frutos (MFFr), aos 139 dias após o plantio (com colheitas realizadas em 1º e 16 de setembro), os resultados de produtividade foram influenciados pela interação entre as cultivares e as tensões da água no solo. A produtividade máxima foi obtida com irrigação iniciada a 15 kPa: 4.576 kg ha<sup>-1</sup> para Acemira® e 2.507 kg ha<sup>-1</sup> para Lupita®. De acordo com o teste de

comparação de médias de Fisher ( $p < 0,05$ ), Acemira® apresentou incremento de 2.069 kg ha<sup>-1</sup> (45%) em relação a Lupita®, sob essa mesma condição de irrigação.

Sob déficit hídrico (irrigação iniciada em 75 kPa), a cultivar Acemira® teve sua produção reduzida em 87% (3.960 kg ha<sup>-1</sup>) em comparação à irrigação iniciada em 15 kPa. Em relação ao tratamento de 30 kPa, a redução foi de 16% (770 kg ha<sup>-1</sup>).

Para a cultivar Lupita®, o aumento na frequência de irrigação (35 irrigações no tratamento de 15 kPa, contra apenas 5 no de 75 kPa) resultou em um incremento de 94% na produção, representando um acréscimo de 2.362 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 1). Esses dados evidenciam que a presença de água no solo foi fator limitante para o pleno desenvolvimento produtivo, refletido nos índices de MFFr (Figura 3D).

Os resultados obtidos corroboram os de Caldas *et al.* (2016), que, ao estudar a pimenteira tipo Cayenne, observaram que o déficit hídrico reduz o crescimento vegetativo e a produtividade, sendo as melhores respostas obtidas quando o solo é mantido próximo à capacidade de campo. Os mesmos autores verificaram que a diferença entre os tratamentos com tensões de 120 kPa e 20 kPa resultou em redução de até 479,39 g na massa média dos frutos por planta.

Na comparação entre as médias de produção das duas cultivares (Figura 3D), houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ). A cultivar Acemira® alcançou massa fresca de frutos de 4.576 kg ha<sup>-1</sup> sob irrigação iniciada a 15 kPa, enquanto Lupita® obteve 2.507 kg ha<sup>-1</sup>, evidenciando uma redução superior a 40% na produtividade. Nas tensões de 45 kPa e 60 kPa, a cultivar Lupita® apresentou produtividades 80% e 77% inferiores, respectivamente, em relação à cultivar Acemira® (Figura 3A). Assim, conclui-se que, nas condições avaliadas neste experimento, a cultivar Acemira® foi a mais produtiva.

## 6 CONCLUSÃO

A tensão de água no solo tem forma expressiva no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade das cultivares de pimenta-de-cheiro Acemira® (*Capsicum frutescens*) e Lupita® (*Capsicum chinense*). Para assegurar o melhor desempenho vegetativo e produtivo dessas variedades, a irrigação deve ser iniciada quando a tensão atingir 15 kPa. A cultivar Acemira® destacou-se como a mais produtiva, apresentando maior comprimento médio dos frutos, diâmetro do caule, número de folhas por planta, altura da planta e número de hastes. Por outro lado, a cultivar Lupita® apresentou frutos com maior diâmetro médio, característica desejável para determinados nichos de mercado.

Recomenda-se que os produtores adotem sistemas de irrigação eficientes, como o gotejamento, aliados ao monitoramento da tensão da água no solo, com início da irrigação a 15 kPa. Essa abordagem favorece o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade dos frutos, além de minimizar as perdas relacionadas ao estresse hídrico.

Além disso, práticas de manejo, como o uso de cobertura morta, são recomendadas por ajudarem na conservação da umidade do solo e na redução da frequência de irrigação. Estudos futuros devem investigar diferentes lâminas de irrigação e a interação entre regimes hídricos e estratégias de adubação, com o objetivo de otimizar a produtividade das cultivares de pimenta-de-cheiro em várias condições de cultivo.

## 7 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Acre pelo apoio financeiro concedido para o desenvolvimento da pesquisa, relativo à outorga 011/2018, e ao CNPq pela

concessão da bolsa de Mestrado à primeira autora.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHA, P. C.; GONÇALVES, L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical test. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 160, n. 901, p. 268-282, 1937.
- BORRÀS, D.; PLAZAS, M.; MOGLIA, A.; LANTERI, S. The influence of acute water stresses on the biochemical composition of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) berries. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 101, n. 11, p. 4724-4734, 2021.
- CALDAS, L. D.; LIMA, E. M. de C.; CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C. Manejo da irrigação em diferentes fases fenológicas da pimenta cayenne cultivada em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 553-564, 2016.
- CHEL-GUERRERO, L. D.; CASTAÑEDA-CORRAL, G.; LÓPEZ-CASTILLO, M.; SCAMPICCHIO, M.; MOROZOVA, K.; ONEY-MONTALVO, J. E.; RODRÍGUEZ-BUENFIL, I. M. In Vivo Anti-Inflammatory Effect, Antioxidant Activity, and Polyphenolic Content of Extracts from *Capsicum chinense* By-Products. **Molecules**, Basel, v. 27, n. 4, article 1323, p. 01-15, 2022.
- DUTRA, F. L. A.; BRANCO, I. G.; MADRONA, G. S.; HAMINIUK, C. W. I. Avaliação sensorial e influência do tratamento térmico no teor de ácido ascórbico de sorvete de pimenta. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 243-251, 2010.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, out. 2019.
- GOTO, K.; YABUTA, S.; SSENYONGA, P.; TAMARU, S.; SAKAGAMI, J. I. Response of leaf water potential, stomatal conductance and chlorophyll content under different levels of soil water, air vapor pressure deficit and solar radiation in chili pepper (*Capsicum chinense*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 281, article 109943, p. 01-09, 2021.
- GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **American Society for Quality**, Milwaukee, v. 11, n. 1, p. 1-21, 1969.
- LATHIFAH, F.; SISWANTI, D. U. Effects of water availability on physiological factors of Cayenne pepper plant *Capsicum frutescens* L. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOLOGICAL SCIENCE, 7., Yogyakarta, 2021. **Proceedings [...]**. Zhengzhou : Atlantis Press, 2022. p. 344-349.
- LIMA, E. M. de; CARVALHO, J. de 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**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1181-1187, 2013.
- MAYA, M. R.; ANANTHI, V.; ARUN, A.; KUMAR, P.; GOVARTHANAN, M.; RAMESHKUMAR, K.; BALAJI, P. Protective efficacy of *Capsicum frutescens*

fruits in pancreatic, hepatic and renal cell injury and their attenuation of oxidative stress in diabetic Wistar rats. **Journal of Taibah University For Science**, Madinah, v. 15, n. 1, p. 1232-1243, 2021.

MCDONALD, A. J. S.; DAVIES, W. J.; Keeping in touch: responses of the whole plant to deficits in water and nitrogen supply. **Advances in Botanical Research**, Lancaster, v. 22, p. 229-300, 1996.

MEDEIROS, A. da S.; SILVA, E. G.; LUISON, E. A.; ANDREANI JUNIOR, R.; KOZUSNY, A D. I. Utilização de compostos orgânicos para uso como substratos na produção de mudas de alface. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 10, p. 261-266, out./dez. 2010.

MENEZES, R. D. P.; BESSA, M. A. D. S.; SIQUEIRA, C. D. P.; TEIXEIRA, S. C., FERRO, E. A. V.; MARTINS, M. M.; MARTINS, C. H. G. Antimicrobial, Antivirulence, and Antiparasitic Potential of Capsicum chinense Jacq. Extracts and Their Isolated Compound Capsaicin. **Antibiotics**, Basel, v. 11, n. 9, article 1154, p. 1-11, 2022.

NGUYEN, G. N.; LANTZKE, N. Mitigating the adverse effects of semi-arid climate on Capsicum cultivation by using the retractable roof production system. **Plants**, Basel, v. 11, n. 20, article 2794, p. 1-14, 2022.

OKUNLOLA, G. O.; OLATUNJIB, A. O.; AKINWALED, R. O.; TARIQB, A.; ADELUSI, A. A. Physiological response of the three most cultivated pepper species (Capsicum spp.) in Africa to drought stress imposed at three stages of growth and development. **Scientia Horticulturae**, Liège, v. 224, n. 1, p. 1-9, 2017.

PANDEY, A. K.; SINGH, A. K.; KUMAR, A.; SINGH, S. K. Effect of drip irrigation, spacing and nitrogen fertigation on productivity of Chilli (Capsicum annum L.). **Environment & Ecology**, Kalyani, v. 31, n. 1, p. 139-142, jan./mar. 2013.

PAONGPETCH, P.; TECHAWONGSTIEN, S.; CHANTHAI, S.; BOSLAND, P. Q. Impacto do estresse hídrico no acúmulo de capsaicinoides em cultivares de capsicum com diferentes níveis iniciais de capsaicinoides. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 47, n. 9, p. 1204-1209, 2012.

PEREIRA, L. A.; LIMA-BARBOSA, J. R.; ALMEIDA, M. Z.; GUIMARÃES, E. F. Diversidade de plantas em quintais quilombolas, conhecimento local sobre uso e cultivo de pimentas na Amazônia Oriental, Brasil. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiania, v. 14, n. 1, p. 59-72, 2017.

POORTER, H.; NAGEL, O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. **Australian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 27, n. 6, p. 595-607, 2000.

RABARA, R. C.; TRIPATHI, P.; REESE, R. N.; RUSHTON, D. L.; ALEXANDER, D.; TIMKO, M. P.; QINGXI, J. S.; RUSHTON, P. J.; Tobacco drought stress responses reveal new targets for Solanaceae crop improvement. **BMC Genomics**, Austrália, v. 16, n. 1, article 484, p. 1-11, 2015.

RAMCHIARY, N.; KEHIE, M.; BRAHMA, V.; KUMARIA, S.; TANDON, P. Application of genetics and genomics towards Capsicum translational research. **Plant Biotechnol**, Oxford, v. 8, p. 101-123, 2013.

RAMOS, A.; COSTA, R. R. B.; SANTOS, M. S. dos; PEREIRA, N. E.; SANTOS, F. O.; PÓVOAS, C. E. Trocas gasosas foliares e componentes de produção de pimentas malagueta (*Capsicum frutescens*) submetidas a diferentes tensões de água no solo, na região sul da Bahia. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 5477-5489, 2021.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; RIBEIRO, C. S. D. Cultivo. In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C. de; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas Capsicum**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. cap. 1, p. 11-14.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos. OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SAXTON, K. E.; RAWLS, W. J.; ROMBERGER, J. S.; PAPENDICK, R. I. Estimating generalised soil-water characteristics from texture. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 1031-1036, 1986.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SIAGA, R. Physiological Response of Three Varieties of Cayenne Pepper (*Capsicum Frutescens*) To Decreased Water Availability. **International Journal of Ecophysiology**, Medan, v. 2, n. 2, p. 129–136, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto alegre: Artmed. 2013.

TOGNON, G. B. **Potencial Ornamental, Propagação, Rendimento de Óleos Essenciais e Resposta à Deficiência Hídrica de Ipoméias**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Produção Vegetal) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.