

## EFEITO DAS TENSÕES DA ÁGUA NO SOLO NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E PRODUTIVO DA PIMENTA-DE-MACACO\*

LEONARDO PAULA DE SOUZA<sup>1</sup>; JOÃO LUIS ZOCOLER<sup>2</sup> E CELSO LUIS BERGO<sup>3</sup>

\* Artigo extraído da Tese do primeiro autor

<sup>1</sup> Universidade Federal do Acre, Professor Doutor do Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, CEP 69.920.900, Rio Branco, AC, Brasil, [leonardo.paula@ufac.br](mailto:leonardo.paula@ufac.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Adjunto, UNESP/Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira - Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Av. Brasil, 56 - CEP: 15385-000 - Ilha Solteira (SP), [zocoler@agr.feis.unesp.br](mailto:zocoler@agr.feis.unesp.br)

<sup>3</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre, Pesquisador em Fitotecnia, BR 364 - km 14, CEP: 69.900.970 - Rio Branco, AC - Brasil – CP 321, [celso.bergo@embrapa.br](mailto:celso.bergo@embrapa.br)

### 1 RESUMO

Avaliou-se o desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultura Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum*) em função de diferentes tensões da água no solo irrigada por gotejamento. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos (tensões de 20; 40; 60 e 100 kPa e Sem Irrigação) e quatro repetições. Realizou-se dois cortes da parte aérea da cultura para quantificação da biomassa e extração do óleo essencial. O 1<sup>o</sup> corte foi realizado aos dez meses de cultivo e o 2<sup>o</sup> corte, seis meses após. No primeiro corte em condições irrigadas nos últimos quatro meses, apenas a variável diâmetro da copa não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados. No 2<sup>o</sup> corte, apenas as variáveis rendimento de óleo essencial e teor de dilapiol no óleo essencial não foram influenciadas pelos tratamentos. A Pimenta-de-macaco apresenta tolerância moderada ao déficit hídrico e a faixa de tensão da água no solo para definir o momento de iniciar a irrigação na cultura é de 20 a 60 kPa.

**Palavras-chave:** óleo essencial, dilapiol, Piperaceae, irrigação por gotejamento.

SOUZA, L. P. de; ZOCOLER, J. L.; BERGO, C. L.  
EFFECT OF SOIL WATER TENSIONS ON VEGATIVE AND PRODUCTIVE  
DEVELOPMENT OF PIMENTA-DE-MACACO

### 2 ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of soil water tensions on vegetative and productive development for Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum*) irrigated by drip system. The experimental design of randomized blocks, with five treatments (tensions 20; 40; 60 and 100 kPa and also with no irrigation) and four replications was used. Two harvests were made to quantify biomass and, consequently, essential oil extraction. The first harvest was performed when the culture reached ten months of cultivation and the second harvest after six months. In the first harvest in irrigated conditions in the last four months, only the crown diameter variable showed no significant difference among the treatments evaluated. In the second harvest, only the essential oil yield and dillapiole content in the essential oil were not influenced by the treatments. Pimenta-de-macaco has moderate tolerance to water deficit and the soil water tension recommends to initiate irrigation from 20 to 60 kPa.

**Keywords:** essential oil, dillapiole, Piperaceae, drip irrigation.

### 3 INTRODUÇÃO

A espécie *Piper aduncum* conhecida popularmente na região amazônica como Pimenta-de-macaco da família Piperaceae, vem sendo pesquisada pelo uso popular na fitoterapia e no controle de pragas e doenças na agricultura. Dentre as características desta espécie destaca-se a produção de óleo essencial com alto teor do composto dilapiol. É uma planta que ocorre espontaneamente com características pioneiras, sendo considerada como planta invasora de áreas destinadas à agropecuária (FAZOLIN et al., 2006; SANTOS; SIVIEIRO, 2015). Trata-se de uma espécie vegetal aromática e estratégica para a Amazônia, uma vez que seu óleo essencial com altos teores do composto dilapiol, que apresenta comprovada atividade inseticida e fungicida (BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004; FAZOLIN et al., 2005; ESTRELA et al., 2006), além do potencial sinérgico quando combinado com inseticidas convencionais, aumentando o desempenho e reduzindo a quantidade a ser utilizada destes inseticidas (FAZOLIN et al., 2007).

Por se tratar de uma espécie pouco estudada e em fase de domesticação, poucos são os estudos sobre a cultura (SANTOS; SIVIERO, 2015). Fazolin et al. (2005) avaliaram em condições de laboratório a toxicidade do óleo essencial da Pimenta-de-macaco com 73,97% de dilapiol em diferentes concentrações no controle de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné adultos causador do desfolhamento severo no feijoeiro, os autores constataram que houve redução significativa do consumo foliar dos insetos, provocando ainda distúrbios fisiológicos nos insetos pela ação da aplicação tópica do óleo essencial.

No cultivo do abacaxi, avaliou-se a eficácia do óleo essencial da Pimenta-de-macaco na broca-dos-frutos-do-abacaxi *Strymon megarus* e do percevejo *Thlastocoris laetus* Mayr, pulverizado quinzenalmente do início do florescimento até a maturação dos frutos em duas safras seguidas, concluindo-se que nas áreas pulverizadas com o óleo essencial o número de frutos atacados pela broca foi em média de apenas 3%, enquanto nas áreas sem tratamento o ataque da broca foi superior a 30%. A mesma eficácia foi constatada quanto ao controle do percevejo-do-abacaxi, reduzindo de 25% para menos de 1% o ataque dos insetos as plantas, atestando que o óleo essencial da Pimenta-de-macaco promove o controle dessa praga (FAZOLIN et al., 2006).

O sistema de produção da Pimenta-de-macaco está sendo desenvolvido gradativamente e a irrigação é uma das etapas necessárias nesse processo, principalmente para suprir a demanda hídrica da cultura durante os meses do ano com chuva reduzida (período seco do ano) e seu cultivo em condições irrigadas poderá contribuir para o melhor desempenho vegetativo e produtivo em escala comercial.

Assim, o presente estudo objetivou determinar os parâmetros do manejo da irrigação na cultura da Pimenta-de-macaco para o período seco do ano em função de diferentes tensões da água no solo.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na área experimental da Embrapa Acre, localizada no município de Rio Branco, Acre, situado a 10°1'42,85" de latitude Sul e 67°41'03,03" de longitude Oeste, a uma altitude média de 160 m. A classificação climática da região segundo Köppen é Am (ALVARES et al., 2014). A chuva média anual é de 2166 mm, sendo o mês de

março considerado o mais chuvoso e julho o menos chuvoso. A temperatura média do ar do estado do Acre é de 24,5°C e a umidade relativa média do ar é de 85% (DUARTE, 2005).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho (SANTOS et al., 2013). Foram coletadas amostras de solo na profundidade média entre 0 a 0,25 m de profundidade para análise física (granulometria), obtendo os valores de 18,41 g kg<sup>-1</sup> (areia grossa); 165,36 g kg<sup>-1</sup> (areia fina); 310,65 g kg<sup>-1</sup> (argila) e 505,58 g kg<sup>-1</sup> (silte). A adubação de plantio e de cobertura foram realizadas conforme recomendação de Pimentel et al. (1998) e não foi aplicado calcário.

As sementes de Pimenta-de-macaco para a produção de mudas foram obtidas de espécimes cultivadas no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Acre. O plantio das mudas com altura média de 10 cm foi realizado no dia 14/11/2014. Os dados de temperatura do ar máxima, mínima e média, chuva e umidade relativa do ar foram registrados diariamente pela estação meteorológica automática instalada a 600 m do experimento.

Amostras de solo indeformadas foram coletadas na área experimental e enviadas ao laboratório para obtenção do potencial matricial ( $\Psi_m$ ) e a umidade do solo ( $\theta$ ) associados às tensões de 1, 3, 10, 30, 50, 100 e 1500 kPa, com os resultados, estimou-se os parâmetros adimensionais necessários do modelo matemático desenvolvido por Genuchten (1980) utilizado o programa computacional (Soil Water Retention Curve - SWRC) (DOURADO NETO et al., 1990). O modelo ajustado para o solo em questão é apresentado na Equação 1.

$$\theta = 0,129 + \frac{0,242}{[1+(0,2857 * T)^{1,5746}]^{0,3649}} \quad (r^2 = 0,981) \quad (1)$$

Em que  $\theta$  é a umidade do solo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>); T a tensão da água no solo (kPa).

Como capacidade de campo (CC), adotou-se a tensão da água no solo equivalente a 10 kPa, nessa tensão, a umidade do solo foi de 0,253 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>.

Foram demarcadas 20 parcelas experimentais, com dimensões de 6,0\*4,5m (comprimento e largura), o espaçamento adotado foi de 1,5\*1,5m, considerou a parcela útil, as duas plantas centrais. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com 5 tratamentos (tensões de 20 kPa, 40 kPa, 60 kPa, e 100 kPa e Sem Irrigação - SI) e 4 repetições.

Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, composto por um filtro de disco com vazão de 14 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, linhas principais de PVC rígido com diâmetro interno de 46 mm, linhas laterais em polietileno de diâmetro de 16 mm, conectados emissores autocompensantes, sendo 2 emissores por planta e vazão unitária de 10 L h<sup>-1</sup>. A pressurização do sistema de irrigação foi realizada por um conjunto motobomba a combustão (gasolina), portátil.

Nos tratamentos relacionados as tensões de 20 kPa, 40 kPa e 60 kPa foram instalados tensiômetros de punção e leitura com tensímetro digital, na tensão de 100 kPa foram instalados sensores de resistência elétrica com amplitude de leitura de 0 a 200 kPa e leitura com medidor portátil, todos instalados a 25 cm de profundidade.

No momento em que a média de pelo menos três aparelhos indicava as tensões estabelecidas ou próximas a elas (20 kPa, 40 kPa, 60 kPa e 100 kPa) iniciava-se a irrigação como propósito de diminuir a tensão para 10 kPa ou próximo a esse valor. Realizava-se a correção da tensão para a profundidade da cápsula cerâmica do tensiômetro de punção, localizada a uma profundidade de 25 cm, Equação 2.

$$T = L - 0,098 * C \quad (2)$$

Em que T é a tensão da água no solo corrigida (kPa); L a leitura da tensão no tensímetro digital (kPa); C o comprimento total do tensiômetro de punção (55 cm).

A lâmina bruta (Equação 3) de irrigação foi aplicada sempre no mesmo dia em que as tensões estabelecidas indicavam o momento de irrigar.

$$L_B = \frac{(\theta_{CC} - \theta_{atual}) * Z}{E_f} \quad (3)$$

Em que  $L_B$  é a lâmina bruta de irrigação (mm);  $\theta_{CC}$  a umidade do solo na capacidade de campo ( $0,253 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );  $\theta_{atual}$  a umidade do solo no momento de irrigar ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ); Z a profundidade monitorada do sistema radicular (250 mm) e  $E_f$  a eficiência de aplicação da água pelo sistema de irrigação (0,90). O tempo de irrigação foi calculado pela Equação 4.

$$T_i = \frac{60 * L_B * A_c}{e * q_e} \quad (4)$$

Em que  $T_i$  é o tempo de irrigação, min;  $A_c$  a área da projeção da copa da planta ( $0,563 \text{ m}^2$ ); e, a quantidade de emissores por planta, 2;  $q_e$  a vazão média de cada emissor ( $10 \text{ L h}^{-1}$ ).

O desenvolvimento vegetativo, altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DC) foram realizados a cada 30 dias utilizando um trena e adotando a metodologia proposta por Bergo (2010).

Foram realizados dois cortes da parte área da cultura, o 1º corte foi realizado no dia 10/10/2015 logo após a suspensão da irrigação e o 2º corte seis meses após, no dia 14/04/2016, correspondente a rebrota da cultura no período chuvoso. Em ambos os cortes se avaliou a massa fresca total (MFTOTAL), massa fresca de folhas e ramos finos (MFFRF), massa fresca do caule (MFCAULE), massa seca de folhas e ramos finos (MSFRF), rendimento do óleo essencial (ROE), teor de dilapioI no óleo essencial (TDOE) e a produtividade de óleo essencial (POE).

Para determinar o TDOE, o óleo essencial foi extraído pelo método de coação ou de recirculação de água condensada (NEGREIROS; MIQUELONI, 2013) e a umidade da biomassa foi determinada para realizar os cálculos de rendimento em base livre de umidade (BLU), baseado no princípio da imiscibilidade do solvente (tolueno) e da água contida na biomassa seca (FIGUEIRÉDO et al., 2004). Em seguida, foi realizada a leitura da quantidade de água extraída da biomassa (NEGREIROS; MIQUELONI, 2013).

O ROE obtido em laboratório foi calculado com base na matéria seca em base livre de umidade (BLU), (SANTOS et al., 2004). Os dados de ROE foram considerados 100% em nível de laboratório (NEGREIROS; MIQUELONI, 2013). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste F. As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa computacional adotado para análise estatística foi o SISVAR para Windows, versão 4.0 (FERREIRA, 2008).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diferenciação dos tratamentos irrigados foi de 125 dias após o transplante (DAT) das mudas, iniciando em 28/05/2015 e a suspensão das irrigações no dia 01/10/2015 devido ao retorno do período chuvoso na região. No período irrigado a temperatura máxima do ar foi de  $39,03^\circ\text{C}$  registrada no dia 24/09/2015, a temperatura mínima do ar foi de  $13,73^\circ\text{C}$  no dia

20/06/2015 e a média da temperatura máxima, mínima e média foi de 33,75°C; 20,44°C e 25,67°C, respectivamente. A umidade relativa do ar mínima foi de 34% ocorrida no dia 31/07/2015 enquanto que a média foi de 84,68%.

A chuva total efetiva no intervalo de 125 dias foi de 126,9 mm e as lâminas totais de água aplicadas pelo sistema de irrigação por gotejamento foram de 612,5 mm para a tensão de 20 kPa, 608,7 mm (40 kPa), 596,4 mm (60 kPa) e 289,4 mm (100 kPa).

Na medida em que os valores das tensões da água no solo foram aumentando, menor foi à frequência de irrigação. O sistema de irrigação foi acionado 66 vezes para a tensão de (20 kPa); 41 (40 kPa); 31 (60 kPa) e 13 (100). O Intervalo médio entre as irrigações foi de 2 dias (20 kPa); 3 dias (40 kPa); 4 dias (60 kPa) e 9 dias (100 kPa), aplicando uma lâmina média de 9,28 mm; 16,54 mm; 19,24 mm e 22,26 mm, respectivamente. O tempo médio de irrigação foi de 19 min para a tensão de (20 kPa); 32 min (40 kPa); 36 min (60 kPa) e 41 min (100 kPa).

Em relação à altura das plantas (AP), constatou-se que as plantas com maior altura correspondiam àquelas cultivadas com menor esgotamento de água do solo. Após a suspensão da irrigação a AP foi em média de 1,66; 1,64; 1,62; 1,45 e 1,33 m, para as tensões de 20; 40; 60 100 kPa e SI, respectivamente. Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram detectadas para a variável AP apenas aos 255 DAT. Dessa forma foi possível constatar o efeito dos tratamentos irrigados e sem irrigação sobre a AP até a realização do primeiro corte, mantendo o solo próximo a capacidade de campo e irrigações mais frequentes, obtêm-se plantas de maior porte. O diâmetro da copa (DC) médio, embora não significativo para os tratamentos de 20; 40; 60; 100 kPa e SI foram de 1,35; 1,34; 1,30; 1,24 e 1,19 m, respectivamente.

As plantas correspondentes aos tratamentos de 20; 40; 60; 100 kPa e SI cresceram um total de 42; 39; 34; 22 e 13 cm, respectivamente nos 125 dias. A taxa de crescimento para os tratamentos de 20; 40; 60; 100 kPa e SI foi de 0,46; 0,43; 0,37; 0,24 e 0,14 cm dia<sup>-1</sup>, respectivamente. No tratamento sem irrigação as plantas pararam de crescer a partir de 30 dias sem irrigação, mantendo-se assim até o início do período chuvoso na região. As espécies que são especialistas em manter o crescimento em solos pobres e rasos, com tendência a deficiência hídrica, crescem vagarosamente e frequentemente apresentam um pequeno porte (LARCHER, 2006).

A Tabela 1 apresenta as diferenças estatísticas de produtividade da Pimenta-de-macaco para os tratamentos irrigados nas tensões de 20; 40; 60; 100 kPa e SI até o 1<sup>o</sup> corte.

**Tabela 1.** Valores médios de produtividade da Pimenta-de-macaco irrigada por gotejamento.

T	MFTOTAL	MFFRF	MFCAL	MSFR	ROE	POE	TDOE
	kg ha <sup>-1</sup>		LE	F	%	L ha <sup>-1</sup>	%
20 kPa	13565a	8643a	4922a	3080a	4,15a	130a	90,88a
40 kPa	11976ab	8099a	3877ab	2995 <sup>a</sup>	3,95ab	117a	90,39a
60 kPa	11304ab	7421ab	3882ab	2724ab	4,05ab	110a	89,04a
100 kPa	8477bc	5405bc	3071ab	1893bc	3,75b	70b	89,57a
SI	6621bc	4133bc	2488ab	1538c	3,25c	50b	90,86a
CV (%)	18,4	16,3	26,7	18,7	4,2	17,2	1,0

Em que T = tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação (CV).

Iniciando a irrigação na Pimenta-de-macaco em 20 kPa a produção de MFTOTAL foi duas vezes maior em relação ao tratamento SI e não ocorreu diferença estatística entre as tensões

da água no solo de 20 a 60 kPa. Porém, a determinação da MFTOTAL não reflete o efeito de cada tratamento quando o objetivo proposto é a POE, isso porque este se concentra nas folhas e ramos finos necessitando assim subtrair da MFTOTAL a MFCAULE, que é um material descartado (BERGO, 2010). A produtividade de MFTOTAL obtida de 6621 kg ha<sup>-1</sup> para o tratamento SI foi superior em 371 kg ha<sup>-1</sup> em relação à produtividade média obtida de 6250 kg ha<sup>-1</sup> da Pimenta-de-macaco, procedente da Embrapa Acre aos nove meses após o transplante na região de Morretes/PR (BERGO, 2010).

Quando se analisa a produtividade da Pimenta-de-macaco em condições irrigadas as diferenças são expressivas. Na Tabela 1, a produtividade média da MFTOTAL foi de 13565 kg ha<sup>-1</sup> aos 255 DAT (8,5 meses) para a tensão da água no solo de 20 kPa. Na região de Morretes/PR produtividade semelhante foi obtida apenas aos 12 meses após o transplante, sem irrigação no espaçamento de 1,0\*1,0 m (BERGO, 2010) e no Estado do Ceará, a produtividade da Pimenta-de-macaco foi de 1130 kg ha<sup>-1</sup> sem irrigação aos 9 meses e de 2680 kg ha<sup>-1</sup> um ano após o transplante das mudas (PEREIRA et al., 2012).

A baixa produtividade MFFRF do tratamento SI em relação aos demais tratamentos irrigados, ficou explícita nos resultados obtidos (Tabela 1). Como a variável MFFRF é essencial para obtenção do OE, a Pimenta-de-macaco em condições irrigadas na tensão de 20 kPa, proporcionou maior produtividade de MFFRF embora não diferindo estatisticamente dos tratamentos 40 e 60 kPa. A diferença de produtividade da Pimenta-de-macaco para a variável MFFRF na tensão de água no solo equivalente a 20 kPa em relação as tensões de 40 kPa; 60 kPa; 100 kPa e SI foi de 544 kg ha<sup>-1</sup> (-6%); 1222 kg ha<sup>-1</sup> (-14%); 3238 kg ha<sup>-1</sup> (-37%) e 4510 kg ha<sup>-1</sup> (-52%), respectivamente.

Em relação à MFCAULE não foram detectadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos (Tabela 1). A variação média na produtividade da MFCAULE entre os tratamentos foi da ordem de 32 a 38% em relação à MFTOTAL. O tratamento sem irrigação (SI) obteve a maior produtividade de caule (38%) demonstrando assim, produzir menor quantidade de folhas e ramos finos no 1<sup>o</sup> corte.

Ocorreu diferença significativa entre os tratamentos em relação à produtividade de massa seca de folhas e ramos finos MSFRF (Tabela 1). Esse parâmetro avaliado é fundamental, uma vez que dessa última variável obtida no campo é extraído o OE da Pimenta-de-macaco. Verifica-se (Tabela 1) que a produtividade de MSFRF nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica no solo, ou seja, próximo à capacidade de campo, proporcionará após a secagem maior rendimento, porém, não diferindo estatisticamente em relação aos tratamentos de 40 e 60 kPa. A MSFRF seguiu o mesmo comportamento em relação à MFTOTAL e MFFRF, indicando que a partir da tensão da água no solo de 60 kPa haverá perdas significativas de produtividade também para a MSFRF.

Para a variável ROE, verificou-se que os tratamentos interferiram nesta variável e houve diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Observa-se (Tabela 1) que não houve diferença significativa entre os tratamentos de 20 a 60 kPa. Porém, o tratamento SI foi o que proporcionou o menor ROE, demonstrando assim resposta da cultura a disponibilidade hídrica no solo.

A POE apresentou diferenças significativas entre as médias dos tratamentos (Tabela 1). A POE para o tratamento SI pode refletir a produtividade média a ser alcançada pelos agricultores que cultivam a Pimenta-de-macaco, sem a adoção de um sistema e manejo da irrigação adequado, dependendo unicamente da chuva local. A estimativa da POE apresentou resultados animadores, quando irrigada na tensão de 20 kPa, obteve-se a maior produtividade de 130 L ha<sup>-1</sup> de OE em relação ao tratamento SI (50 L ha<sup>-1</sup>), ou seja, uma diferença de 80 L

ha<sup>-1</sup> (-61,5%) embora o tratamento de 20 kPa não tenha diferido estatisticamente de 40 a 60 kPa.

Na região de Morretes/PR, por exemplo, a produtividade média de OE da Pimenta-de-macaco, sem irrigação aos 9 meses foi de 27 L ha<sup>-1</sup> e de 85 L ha<sup>-1</sup> aos 18 meses após o transplante (BERGO, 2010). Observa-se (Tabela 1) que houve redução acentuada de POE a partir da tensão de 60 kPa.

Diferenças significativas no TDOE foram identificadas, porém, as médias dos tratamentos não apresentaram diferença significativa (Tabela 1). O TDOE médio entre os tratamentos estudados foi de 90,15%, a variação média do TDOE entre os tratamentos foi de 1,84%. Esses resultados demonstram que a planta, mesmo em condições adversas de disponibilidade hídrica no solo mantém praticamente o mesmo TDOE, indicando ser uma característica específica da planta.

### 5.1 Segundo corte da parte aérea da planta

Aos 185 dias após o primeiro corte, no dia 14/04/2016 foi realizado o segundo corte da parte aérea da cultura para quantificação da biomassa produzida e conseqüentemente a extração do OE, durante a rebrota a disponibilidade hídrica no solo foi mantida pela chuva. Avaliou-se as mesmas variáveis do 1<sup>o</sup> corte, após terem sido submetidas a um período irrigado em diferentes condições de tensão da água no solo, no período seco. Durante a rebrota, a chuva total foi de 1391,20 mm, a temperatura média do ar de 27,14<sup>o</sup>C e a umidade relativa do ar média de 84,32%. A temperatura média do ar no período chuvoso esteve em média 1,47<sup>o</sup>C acima do período em que as plantas foram irrigadas, no período seco.

Os resultados de produtividade da MFTOTAL, MFFRF, MFCAULE, MSFRF, ROE, POE e TDOE da rebrota das plantas são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que as tensões da água no solo, no período seco, influenciaram significativamente as características produtivas (MFFRF, MFCAULE, MSFRF e POE) da rebrota da Pimenta-de-macaco, no período chuvoso, ou seja, nessas variáveis, a rebrota das plantas referentes ao tratamento SI apresentou valores inferiores àquelas dos demais tratamentos. Sobre esse aspecto, a rebrota da cultura sem irrigação demonstrou características indesejáveis quando se deseja a extração de OE, uma vez que sua tendência foi aumentar a produtividade de MFCAULE, diminuir a produtividade de MFFRF, MSFRF, ROE e, conseqüentemente, menor POE por hectare.

**Tabela 2.** Produtividade da Pimenta-de-macaco, seis meses após o primeiro corte.

RT	MFTOTAL	MFCAULE	MF FRF	MSFRF	ROE	POE	TDOE
	kg ha <sup>-1</sup>				%	L ha <sup>-1</sup>	%
20 kPa	29511 <sup>ns</sup>	12855a	16655a	4596a	4,20 <sup>ns</sup>	193a	90,15 <sup>ns</sup>
40 kPa	27850	14200a	13650a	3856a	4,00	154a	90,11
60 kPa	26500	12055a	14444a	4175a	4,00	167a	88,99
100 kPa	25522	10966a	14555a	4091a	3,95	161a	89,64
SI	28572	20800b	7772b	2230b	3,70	82b	91,53
CV (%)	12,5	14,8	18,8	18,2	8,7	17,8	1,2

Em que: RT = rebrota dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação (CV). <sup>ns</sup> - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

No dia 14/04/2016 antes da realização do 2<sup>o</sup> corte, mediu-se a AP e DC da rebrota das plantas. A análise de variância indicou que não houve efeito significativo para as variáveis AP e DC. Diante da constatação de que a rebrota das plantas referente ao tratamento SI apresentaram características de desenvolvimento similares ao desenvolvimento vegetativo das plantas anteriormente irrigadas nas diferentes tensões da água no solo, fica demonstrado que a cultura tem capacidade de retomar seu crescimento bem como o diâmetro de copa, durante a estação chuvosa.

Em contrapartida, pode-se verificar que a produtividade obtida da rebrota durante o período chuvoso para as variáveis MFTOTAL, MFFRF E MSFRF, independente das tensões da água no solo em que as plantas foram irrigadas no período seco, possibilitaram aumento de produtividade em relação às plantas não irrigadas. Esse aspecto indica que o manejo da irrigação, desde a tensão de 20 até 100 kPa no período seco é essencial para o desenvolvimento da rebrota, no período chuvoso.

Em relação à MFTOTAL da rebrota no tratamento sem irrigação, a MFCAULE correspondeu a 72,80% e a MFFRF correspondeu a 27,20%. Em contrapartida, o percentual médio de MFCAULE e MFFRF da rebrota entre os tratamentos irrigados nas tensões de 20 a 100 kPa foi de 54,21% e 45,79%, respectivamente. Esse aspecto indica que a ausência de irrigação até o 1<sup>o</sup> corte da parte aérea da cultura induzirá a rebrota a produzir maior quantidade de MFCAULE e menor quantidade de MFFRF, refletindo diretamente na produtividade de MSFRF e, conseqüentemente em menor POE.

Na rebrota o TDOE médio foi de 90,08%, essa situação demonstra também que a rebrota da cultura no período chuvoso após ter sido irrigada ou não no período seco, proporciona praticamente o mesmo padrão do TDOE, ou seja, uma característica genética da planta. A produtividade total obtida aos 17 meses de cultivo com a realização de dois cortes da parte aérea da Pimenta-de-macaco é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3.** Produtividade da Pimenta-de-macaco, considerando a soma do 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> corte, no período de 17 meses de cultivo.

Tensão + RT	MFTOTAL	MFCAULE	MFFRF	MSFRF	POE
	kg ha <sup>-1</sup>				L ha <sup>-1</sup>
20 + Rebrota	43076 <sup>ns</sup>	17777ab	25298a	7677a	323a
40 + Rebrota	39826	18077ab	21749a	6851a	271ab
60 + Rebrota	37804	15938a	21710a	6857a	277ab
100 + Rebrota	33999	14038a	19960a	5984ab	231b
SI + Rebrota	35193	23288b	11905b	3768b	132c
CV (%)	12,5	15,3	15,6	16,0	14,7

Em que: RT = rebrota dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação (CV). <sup>ns</sup> - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com isso, aos 17 meses de cultivo e realizando dois cortes, a diferença de produtividade a mais estimada em relação ao cultivo não irrigado foi de 190 L ha<sup>-1</sup> (20 kPa + rebrota); 139 L ha<sup>-1</sup> (40 kPa + rebrota); 142 L ha<sup>-1</sup> (60 kPa + rebrota) e 100 L ha<sup>-1</sup> (100 kPa + rebrota). Quando cultivada sem irrigação, foi possível obter 132 L ha<sup>-1</sup> de OE aos 17 meses e com a realização de dois cortes, em contrapartida, essa mesma produtividade foi obtida aos 9 meses após o transplante quando o sistema de irrigação foi acionado para repor a água no solo até a capacidade de campo, na tensão limite de 20 kPa.



Sendo assim, a POE pela cultura foi influenciada pelas diferentes tensões da água no solo, que por sua vez, influenciou também na produtividade da rebrota da cultura no período chuvoso. Como a principal característica da cultura é a POE com alto TDOE, o cultivo irrigado possibilita aumento significativo na produtividade em relação ao cultivo sem irrigação. As maiores produtividades foram obtidas nas tensões de 20, 40 e 60 kPa (não diferiram estatisticamente), seguida da tensão 100 kPa e a menor produtividade, sem irrigação.

## 6 CONCLUSÕES

A altura da planta, diâmetro da copa, massa fresca total, massa fresca de folhas e ramos finos, rendimento e produtividade do óleo essencial diminuem em função do aumento da tensão da água no solo.

Não houve resposta do teor de dilapiol no óleo essencial às tensões da água no solo.

A tensão da água no solo influencia a massa fresca de folhas e ramos finos, massa fresca do caule, massa seca de folhas e ramos finos e a produtividade de óleo essencial da rebrota da cultura, no período chuvoso.

A Pimenta-de-macaco apresenta tolerância moderada ao déficit hídrico, sendo a tensão da água no solo de 20 a 60 kPa indicada para iniciar a irrigação na cultura.

## 7 AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Acre, Embrapa Acre, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Fundação de Amparo à Pesquisa do Acre e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

## 8 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2014.

BASTOS, C. N.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Efeito do óleo de Piper aduncum no controle em pós-colheita de Colletotricum musae em banana. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.29, p.555-557, 2004.

BERGO, C. L. **Estudos agronômicos e fitoquímicos de Piper hispidinervum C.DC. e Piper aduncum L. para produção de safrol e dilapiol**. 2010. 139p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q. J.; BOTREL, T. A.; LIBARDI, P. L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de van Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, p.92-102, 1990.

DUARTE, A. F. Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.20, n.1, p.37-42, 2005.

ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; ALÉCIO, M.R.; LIMA, M.S. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus Zea mays*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.41, p.217-222, 2006.

FAZOLIN, M.; ESTRELA J. L.V.; LIMA, M.S.; ALÉCIO, M.R. Toxidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* (Coleóptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, n.3, p.485-489, 2005.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; COSTA, C. R. **Potencialidades da pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.):** características gerais e resultados de pesquisa. Rio Branco: Embrapa Acre, 2006. 53p. (Embrapa Acre Documentos, 103).

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; ALÉCIO, M.R.; LIMA, M.S. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C.DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium noctorium* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.31, p.113-120, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. **Symposium**, v.6, n.2, p.36-41, 2008.

FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ALVES, S. M.; SANTOS, A. S.; ROCHA NETO, O. G. **Rendimento e qualidade físico-química de óleo essencial extraído de diferentes composições da biomassa aérea de pimenta longa.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 30p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).

GENUCHTEN, M. T. V. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.44, n.5, p.892-898, 1980.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: RIMA, 2006. 550p.

NEGREIROS, J. R. S.; MIQUELONI, D. P. Teor de dilapiol em função do tipo de biomassa aérea em populações de *Piper aduncum*. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v.56, n.1, p.73-79, 2013.

PEREIRA, R. C. A.; OLIVEIRA, G. B.; BEZERRA, M. G. A.; RODRIGUEZ, T. H. S. **Produção de Pimenta-Longa (*Piper Aduncum* L. e *Piper Hispidinervum* C. Dc.) no Ceará.** Fortaleza: Embrapa, 2012. 5p. (Comunicado Técnico, 197).

PIMENTEL, F. A.; SOUSA, M. M. M.; DE SÁ, C. P.; CABRAL, W. G.; SILVA, M. R. PINHEIRO, P.S. N.; BASTOS, R. M. **Recomendações básicas para o cultivo da pimenta longa (*Piper hispidinervium*) no Estado do Acre.** Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, 1998. 14p. (Circular Técnica).

SANTOS, R. C.; SIVIERO, A. **Agroecologia no Acre.** Rio Branco: Editora IFAC, 2015. 495p.

SANTOS, H. G.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J.F.; OLIVEIRA, V. A. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, A. S.; ALVES, S. M.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. **Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 6p. (Comunicado Técnico, 99).