

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA *Piper aduncum* L

LEONARDO PAULA DE SOUZA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP
SETEMBRO - 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA *Piper aduncum* L

LEONARDO PAULA DE SOUZA

Orientador: Professor Dr. João Luis Zocoler

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP
SETEMBRO - 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S729m Souza, Leonardo Paula de, 1976-
Manejo da irrigação na cultura *Piper aduncum* L / Leonardo Paula de Souza. - Botucatu : [s.n.], 2016
xi, 68 f. : fots. color., grafs. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016

Orientador: João Luis Zocoler
Inclui bibliografia

1. Piperaceae - Irrigação e drenagem. 2. Essências e óleos essenciais. 3. Fitoterápicos. 4. Irrigação por gotejamento. I. Zocoler, João Luis. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA TESE: MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA *Piper aduncum* L

AUTOR: LEONARDO PAULA DE SOUZA


ORIENTADOR: JOAO LUIS ZOCOLER

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOAO LUIS ZOCOLER
Depto de Fitosanidade, Engenharia Rural e Solos / UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. JOÃO CARLOS CUFY SAAD
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN
Depto de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. EDSON EIJI MATSURA
Água e Solo / UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS


Prof. Dr. JACSON RONDINELLI DA SILVA NEGREIROS
Depto de Produção Vegetal / EMBRAPA - Acre

Botucatu, 08 de setembro de 2016

DEDICATÓRIA

À minha esposa Leila Maria e aos nossos filhos Daniel Luiz e André Luiz.

Aos meus pais, Carlos Luiz de Souza e Eliana de Paula Souza.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Acre, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFAC, Ao Centro Multidisciplinar em Cruzeiro do Sul/UFAC e ao Centro de Ciências Biológicas e da Natureza/UFAC.

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias/Campus de Botucatu pela oportunidade de estudar e conviver na Instituição. Parabéns pelo lindo Campus Universitário e profissionalismo dos servidores!

Ao Programa de Pós Graduação em Agronomia: Irrigação e Drenagem e ao Departamento de Engenharia Rural pela oportunidade de desenvolver meus estudos e a todos os docentes, técnicos e funcionários da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu pelos ensinamentos, apoio e atenção dispensada a mim no decorrer do curso.

À Embrapa/Acre pela oportunidade de realizar minha pesquisa de campo em sua área experimental na cidade de Rio Branco/AC. A todos os técnicos de campo e funcionários envolvidos direta e indiretamente na pesquisa desenvolvida. Ao Engenheiro Agrícola Hudson de Sousa Nardi por me auxiliar na operacionalidade do experimento e disponibilidade dos dados meteorológicos. Ao técnico John Catão, responsável pelo laboratório e análises dos óleos essenciais da Embrapa/AC. Ao estudante de Engenharia agrônômica da UFAC e bolsista de iniciação científica da Embrapa/Acre, Marcondes Amorim pela ajuda e amizade.

Um agradecimento especial ao Dr. Celso Luis Bergo (Pesquisador da Embrapa Acre) pela recepção, atenção, zelo, companheirismo, confiança e amizade ao longo dessa jornada e ao Dr. Jacson Rondinelli da Silva Negreiros (Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Acre) pelo apoio e incentivo ao desenvolvimento da pesquisa.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Acre (FAPAC) e a Coordenação de Pessoal de Nível superior (CAPES) pela concessão de bolsa de doutorado docente referente à seleção pública de projetos de pesquisas, edital 05/2013.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para desenvolvimento da pesquisa, referente ao edital da Chamada Universal 2014, coordenado pelo pesquisador Dr. Celso Luis Bergo (Embrapa/Acre).

Ao meu orientador Dr. João Luis Zocoler pela amizade que construímos ao longo desses anos e confiança a mim depositada na condução da pesquisa.

A todos os discentes que estiveram comigo durante as disciplinas, viagens de campo e pela oportunidade de troca de experiências e amizade.

Aos amigos em Rio Branco em especial a Família do meu amigo Luis Pinho, sua esposa Luciana e seu filho Rafael. Aos amigos Fábio Gomes, Hugo Motta, Rafael Delgado, Davi Borges e Flávio Lofego, obrigado!

Sumário

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	XI
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
4.1 Aspectos gerais da cultura e aplicações do óleo essencial.....	8
4.2 Manejo da irrigação	11
5. MATERIAL E MÉTODOS	18
5.1 Localização do experimento	18
5.2 Preparo de mudas e plantio	20
5.3 Registros de parâmetros meteorológicos.....	20
5.4 Curva de retenção de água no solo.....	21
5.5 Área e delineamento experimental.....	21
5.6 Sistema de irrigação por gotejamento	22
.....	24
5.7 Avaliação do sistema de irrigação.....	24
5.8 Registros da tensão da água no solo.....	25
5.9 Manejo da irrigação	27
5.10 Avaliação do desenvolvimento vegetativo em campo.....	28
5.11 Avaliação da biomassa aérea da planta	29
5.12 Avaliação da massa fresca total.....	29
5.13 Avaliação da massa fresca de folhas e ramos finos.....	30
5.14 Avaliação da massa fresca do caule	30
5.15 Amostras de massa fresca de folhas e ramos finos	30
5.16 Produtividade de massa fresca total	31
5.17 Produtividade de massa seca de folhas e ramos finos	31
5.16 Análises laboratoriais.....	32
5.18 Teor de dilapiol no óleo essencial.....	32
5.19 Desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultura irrigada (primeiro corte)	34
5.20 Análise estatística	34
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35

6.1 Condições climáticas no período irrigado.....	35
6.2 O manejo da irrigação.....	37
6.3 Registros das tensões da água no solo.....	38
6.4 Altura e diâmetro da copa.....	40
6.5 Produtividade de massa fresca total.....	43
6.6 Produtividade de massa fresca de folhas e ramos finos.....	44
6.7 Produtividade de massa fresca do caule (MFCAULE).....	45
6.8 Produtividade de massa seca de folhas e ramos finos.....	47
6.9 Rendimento de óleo essencial.....	48
6.10 Produtividade de óleo essencial.....	49
6.11 Teor de dilapiol no óleo essencial.....	50
6.12 Efeito das tensões da água no solo sobre as variáveis pelo uso da regressão.....	51
6.13 Desenvolvimento vegetativo e produtivo da <i>P. aduncum</i> referente a rebrota (segundo corte).....	52
6.14 Condições climáticas registradas durante o desenvolvimento da rebrota.....	53
6.15 Desenvolvimento vegetativo e produtividade da rebrota.....	54
7. CONCLUSÕES	58
ANEXOS	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (A) Planta de *P. aduncum* e aspecto do seu caule (B). Características das folhas, ramos finos e espiguetas da *P. aduncum* (C e D). As imagens são do dia 15/06/2015, cerca de 7 meses após o transplante de plantas irrigadas e utilizadas na presente pesquisa, na unidade experimental da Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza. 9

Figura 2. Vista geral da área onde foi instalado o experimento (A) no dia 28/11/2014. Biomassa seca sobre o solo da área experimental realizada pelo implemento agrícola Fresa Florestal (B). Demarcação das parcelas experimentais no dia 11/12/2014 (C). Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2014. 19

Figura 3. Estação meteorológica automática da Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza (05/06/2015). 20

Figura 4. Detalhes dos emissores conectados on-line na linha lateral de irrigação (A) e antes da instalação (B). Filtro de disco utilizado no experimento (C). Vista superior da área irrigada pelos emissores na *P. aduncum* durante o experimento (D), as duas imagens correspondem à cultura com 195 dias após o transplante. Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza. 22

Figura 5. Vista do igarapé Quinarí (A). Sistema de bombeamento de água do igarapé Quinarí feito por um conjunto motobomba multiestágios de 7,5 CV, trifásico (B). Filtro metálico com núcleo interno de areia (C). Derivação da rede de água principal para o reservatório de água utilizado no experimento (D). Água sendo armazenada no reservatório de 10 m³ (E). Vista frontal da área experimental (F). Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza. 23

Figura 6. Vista do conjunto motobomba à combustão utilizado no sistema de irrigação por gotejamento (A e B). Central de comando e manômetro para indicar a pressão de funcionamento do sistema de irrigação e válvulas para abertura e fechamentos individuais para cada tratamento (C). Fonte: Leonardo Paula de Souza..... 24

Figura 7. Tensiômetro de punção com proteção instalado na área experimental (A). Tensiômetro de punção sem proteção onde é possível visualizar pelo tubo acrílico a água destilada e rolha de silicone (B). Registro da tensão da água no solo pelo tensímetro digital em campo. Fonte: Leonardo Paula de Souza..... 25

Figura 8. Sensor de tensão da água no solo em fase de teste (A). Detalhes da conexão sensor/medidor em campo (B). Registrando a tensão da água pelo medidor Watermark (C). 25

Figura 9. Vista das capsulas cerâmicas dos tensiômetros de punção submersas em reservatório com água destilada (A). Vista dos sensores submersos juntamente com as capsulas cerâmicas em reservatório com água destilada (B). Vista geral dos tensiômetros de punção em reservatório com água destilada (C). Testando o sensor de tensão de água no solo em condições secas (D), o valor de 199 kPa indica o limite máximo do sensor. Sensores de tensão de água no solo submersos em reservatório com água destilada (E) e Leitura da tensão no sensor pelo medidor em condição saturada (F) indicado pelo valor 0 (zero). Os valores registrados pelo medidor indicaram perfeito funcionamento de todos os sensores. Fonte: Leonardo Paula de Souza..... 26

Figura 10. Acesso à profundidade de 0,25 m utilizando um trado de rosca (A). Retirada do solo para instalação do tensiômetro de punção ou sensor de umidade do solo (B). Vista superior do orifício de acesso aos sensores (C). Posicionamento do tensiômetro de punção (D). Adicionando água destilada no interior do tensiômetro de punção (E). Fechando o tensiômetro com auxilio de uma rolha de silicone (F) e Proteção da rolha e tubo de acrílico com material de PVC contra a radiação solar (G). Fonte: Leonardo Paula de Souza. 27

Figura 11. Identificando a altura de corte na planta (A). Operador com roçadeira manual efetuando o corte na planta (B). Detalhe do disco e altura do corte na planta (C). Transporte manual das plantas até o local da pesagem (D). Pesagem das plantas em estrutura montada ao lado do experimento (E). Obtenção da massa fresca total em (kg), balança digital (F). Embrapa Acre, Rio Branco/AC no dia 10/10/2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza..... 29

Figura 12. Momento em que a massa fresca de folhas e ramos finos é separada do caule da planta (A e B). Pesagem da massa fresca de folhas e ramos finos (C). Embrapa Acre, Rio Branco/AC no dia 10/10/2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza..... 30

Figura 13. Amostras de massa fresca de folhas e ramos finos separados e armazenados em sacos plásticos após a pesagem das plantas. Embrapa Acre, Rio Branco/AC no dia 10/10/2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza..... 31

Figura 14. Distribuição das amostras de massa fresca de folhas e ramos finos no interior do galpão de secagem (A). Amostras distribuídas (B). Vista geral do galpão de secagem com proteção de tela (C). Amostras em processo de secagem (D). Amostras no terceiro dia de secagem (E). Amostras no quinto dia da secagem (F). Embrapa Acre, Rio Branco/AC entre os dias 10/10/2015 e 17/10/2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza..... 32

Figura 15. Situação da planta após o primeiro corte (10/10/2015). Fonte: Leonardo Paula de Souza..... 34

- Figura 16.** Registros diários da temperatura máxima, mínima e média do ar registrada na estação meteorológica automática, durante o período em que a cultura foi irrigada, nos diferentes tratamentos. Embrapa Acre, Rio Branco - AC, 2015. 36
- Figura 17.** Umidade relativa diária máxima, mínima e média do ar registrada na estação meteorológica automática, durante o período em que a cultura foi irrigada, nos diferentes tratamentos. Embrapa Acre, Rio Branco - AC, 2015. 37
- Figura 18.** Variação dos registros médios diários de tensão da água no solo pelos tensiômetros de punção 20 kPa (A) e 40 kPa (B). Marcadores na linha azul correspondem aos registros médios diários. A linha na cor vermelha pontilhada indica a tensão limite para acionar o sistema de irrigação e a linha vermelha contínua na parte inferior indica a tensão correspondente à capacidade de campo adotada (10 kPa). As barras em preto na vertical correspondem às precipitações diárias registradas. 39
- Figura 19.** Variação dos registros médios diários obtidos pelo tensiômetros de punção, 60 kPa (A) e do sensor para a tensão de 100 kPa (B). Marcadores na linha azul correspondem aos registros médios diários. A linha na vermelha pontilhada indica a tensão limite para acionar o sistema de irrigação e a linha vermelha contínua na parte inferior indica a tensão correspondente a capacidade de campo adotada (10 kPa). As barras na vertical correspondem às precipitações efetivas registradas. 40
- Figura 20.** Altura das plantas de *P. aduncum* durante o período irrigado após o transplante medido em intervalos de 30 dias. Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. 41
- Figura 21.** Alturas das plantas (m), em função dos tratamentos avaliados (20; 40; 60; 100 kPa e sem irrigação – SI) aos 255 dias (8,5 meses) após o transplante. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 42
- Figura 22.** Médias dos tratamentos referentes à produtividade de massa fresca total da *P. aduncum* (kg ha^{-1}), Embrapa Acre, Rio Branco/Acre, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 43
- Figura 23.** Médias dos tratamentos referentes à produtividade de massa de folhas e ramos finos de *P. aduncum* (kg ha^{-1}), Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 45
- Figura 24.** Médias dos tratamentos referentes à produtividade de massa fresca de caule da *P. aduncum* (kg ha^{-1}), Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 46

Figura 25. Vista superior das plantas de *P. aduncum* no dia 20/09/2015. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015. (A) 20 kPa; (B) 40 kPa; (C) 60 kPa; (D) 100 kPa e (E) sem irrigação – SI. Fonte: Leonardo Paula de Souza. 46

Figura 26. Médias dos tratamentos referentes à produtividade de massa seca de folhas e ramos finos da *P. aduncum* (kg ha^{-1}), Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 48

Figura 27. Médias dos tratamentos referentes ao rendimento de óleo essencial de *P. aduncum* (%). Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade..... 49

Figura 28. Médias dos tratamentos referentes à produtividade de óleo essencial da *P. aduncum* (kg ha^{-1}). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015..... 50

Figura 29. Médias dos tratamentos referentes ao teor de dilapiol no óleo essencial da *P. aduncum* (%). Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 51

Figura 30. Efeito das tensões da água no solo na produtividade média da massa fresca total e massa seca de folhas e ramos finos em (kg ha^{-1}) da *P. aduncum*, Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. A linha pontilhada representa a produtividade média da massa fresca total, a linha contínua representa a produtividade média da massa seca de folhas e ramos finos. 52

Figura 31. Época do primeiro corte da parte aérea vegetativa da *P. aduncum* na altura de 40 cm em relação à superfície do solo realizado no dia 10/10/2015 (A). Rebrotas aos 12 dias (B). Rebrotas aos 43 dias após (C). Rebrotas aos 54 dias (D). Situação da rebrota no dia do segundo corte (14/04/2016) (E e F). Fonte: Leonardo Paula de Souza. 53

Figura 32. Registros médios mensais da precipitação pluviométrica, temperatura média do ar ($T_{\text{média}}$) e umidade relativa média do ar ($UR_{\text{média}}$) na área experimental, durante o período chuvoso na região. Embrapa Acre, Rio Branco-AC, outubro de 2015 a abril de 2016. 54

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Granulometria do solo da área experimental para a camada média entre 0 - 0,25m, realizada pelo Laboratório de Solos da Embrapa Acre, Rio Branco - Acre, 2014.. 18
- Tabela 2.** Análise química solo da área experimental para a camada média entre 0 - 0,25 m, realizada pelo Laboratório de Solos da Embrapa Acre, Rio Branco - Acre, 2014..... 19
- Tabela 3.** Lâminas totais de água aplicadas (mm) pelo sistema de irrigação por gotejamento em função dos tratamentos irrigados (tensões) e precipitações totais mensais, ocorridas durante a condução do experimento irrigado. Embrapa/Acre, Rio Branco – AC, 2015. 37
- Tabela 4.** Parâmetros do manejo da irrigação obtidos para as tensões da água no solo estabelecidas, irrigando por gotejamento. Embrapa/Acre, Rio Branco – AC, 2015. 38
- Tabela 5.** Produtividade de massa fresca total (MFTOTAL), massa fresca de folhas e ramos finos (MFFRF), massa fresca do caule (MFCAULE) e massa seca de folhas e ramos finos (MSFRF), rendimento de óleo essencial (ROE), produtividade de óleo essencial (POE) e teor de dilapiol no óleo essencial (TDOE) da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após o primeiro corte. Embrapa Acre, Rio Branco/Acre, abril de 2016..... 55
- Tabela 6.** Produtividade de 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) e produtividade de óleo essencial da *P. aduncum*, considerando a soma do primeiro e segundo corte, no período de 17 meses de cultivo. Embrapa/Acre, Rio Branco/AC, abril de 2016..... 57

MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA *Piper aduncum* L. Botucatu, 2016. 68p. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Autor: Leonardo Paula de Souza

Orientador: João Luis Zocoler

1. RESUMO

A espécie *Piper aduncum* L ocorre espontaneamente em áreas destinadas à agropecuária na região amazônica, pouco estudada e em fase de domesticação apresenta em seu óleo essencial com alto teor de dilapiol comprovada atividade inseticida e fungicida, além de potencial sinérgico quando combinado com inseticidas convencionais. Nessa fase de domesticação, avaliações agrônômicas em escala comercial são necessárias, entre elas se destaca a irrigação. Objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar o efeito das tensões da água no solo sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo da *Piper aduncum* L irrigada por gotejamento, bem como determinar o momento de iniciar a irrigação na cultura. O experimento foi desenvolvido na unidade experimental da Embrapa Acre, na região de Rio Branco, Acre. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam às tensões da água no solo de 20; 40; 60 e 100 kPa e sem irrigação. Foram realizados dois cortes da parte aérea da cultura para quantificação da biomassa e extração do óleo essencial. O primeiro corte foi realizado quando a cultura atingiu dez meses de cultivo e irrigada nos últimos quatro meses (junho a setembro do ano de 2015), conforme os tratamentos estabelecidos; o segundo corte foi realizado seis meses após, correspondente a rebrota da cultura, no período chuvoso. Em ambos os cortes se avaliou a altura da planta, diâmetro da copa, produtividade de massa fresca total, massa fresca de folhas e ramos finos, massa fresca de caule, massa seca de folhas e ramos finos, rendimento, produtividade e o teor de dilapiol no óleo essencial. No primeiro corte e em condições irrigadas, apenas a variável diâmetro da copa não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados, as demais variáveis apresentaram diferenças significativas entre as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Após a comparação entre os tratamentos irrigados versus os não irrigados, avaliou-se, na sequência, apenas o efeito das tensões da água no solo sobre as variáveis. A análise de regressão permitiu verificar diferenças significativas das

tensões da água no solo (kPa) somente em relação às variáveis massa fresca total e massa seca de folhas e ramos finos, reduzindo linearmente em função do aumento da tensão da água no solo. A redução média da massa fresca total e massa seca de folhas e ramos finos correspondeu a 61,84 kg ha⁻¹ e 15,40 kg ha⁻¹, respectivamente, para cada acréscimo unitário da tensão da água no solo. A faixa de tensão da água no solo para definir o momento de iniciar a irrigação na cultura é de 20 a 60 kPa. A *Piper aduncum* apresenta tolerância moderada ao déficit hídrico. No segundo corte, constatou-se que o efeito das tensões da água no solo no período seco do ano influenciou significativamente a produtividade de massa fresca de folhas e ramos finos, massa fresca do caule, massa seca de folhas e ramos finos e a produtividade do óleo essencial da rebrota da cultura, no período chuvoso.

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

IRRIGATION MANAGEMENT CULTURE *Piper aduncum* L. Botucatu, 2016. 68p. (Doctoral Thesis in Agronomy – Irrigation and Drainage) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Autor: Leonardo Paula de Souza

Adviser: João Luis Zocoler

2. SUMMARY

The specie *Piper aduncum* L. occurs spontaneously in areas intended for farming in the Amazon region, poorly studied and domestication stage shows in its essential oil with high content dillapiole proven insecticidal and fungicidal activity, and potential synergistic when combined with conventional insecticides. In this round of domestication, agronomic evaluations on a commercial scale are needed, among them stands out irrigation. The objective of this research was to evaluate the effect of soil water tensions on vegetative and productive development for *Piper aduncum* L irrigated by drip system, and to determine the time to start watering the crop. Tests were taken at an experimental unit of Embrapa Acre, in the region of Rio Branco, Acre. The experimental design of randomized blocks, with five treatments and four repetitions, was adopted. Treatments corresponded to the soil water tension 20; 40; 60 and 100 kPa and also with no irrigation. Two harvest were made to quantify the biomass and, consequently, essential extraction. The first harvest was performed when the culture reached ten months of cultivation and was irrigated in the last four months (June to September 2015) accordingly to previously defined treatments and the second harvest after six months, corresponding to the natural regeneration during the rainy season. In both harvests, the plant height, crown diameter, total fresh mass yield, fresh weight of leaves and thin branches, fresh weight of stem, dry weight of leaves and thin branches, yield, productivity and dillapiole content in essential extraction were evaluated. The evaluation of the first harvest, under irrigated conditions, showed that the plant only the variable crown diameter showed no significant difference among the treatments, the other variables showed significant differences between the treatment means by Tukey test at 5% probability. After comparing the treatments irrigated versus non-irrigated, it was evaluated as a result, only the effect of soil water tension on the variables. The regression analysis has shown significant differences in soil water tensions (kPa) only in relation to the total fresh weight and dry weight variables

leaves and thin branches, reducing linearly with increasing soil water tensions. The mean reduction of total fresh and dry weight of leaves and thin branches amounted to 61.84 kg ha⁻¹ and 15.40 kg ha⁻¹, respectively, for each unit increase in soil water tensions. The soil water tension recommends to initiate irrigation from 20 to 60 kPa. *Piper aduncum* has moderate tolerance to water deficit. In the second harvest, it was found that the effect of soil water tensions during dry season significantly influences the fresh mass productivity leaves and thin branches, fresh stem weight, dry weight of leaves and thin branches and essential extraction productivity of the regeneration crop during rainy season.

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

3. INTRODUÇÃO

A espécie *Piper aduncum* L. 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 vegetativas 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 e 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 apresenta comprovada atividade inseticida e fungicida (BASTOS et al., 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).

Os agroquímicos sintéticos, apesar da eficiência, podem apresentar uma série de problemas, como contaminação ambiental, presença de altos níveis de resíduos nos alimentos, desequilíbrio biológico devido à eliminação de organismos que atuam no controle biológico e o surgimento de populações de insetos resistentes quimicamente aos defensivos agrícolas (HERNANDEZ et al., 1996). O grau de percepção dos problemas socioambientais provocados pelo uso indiscriminado e/ou sem conhecimento técnico de agrotóxicos mobiliza a sociedade técnico-científica para promover o desenvolvimento de técnicas e equipamentos adequados que possam mitigar e resolver problemas inerentes do processo produtivo agropecuário, reduzindo ou eliminando o uso de agroquímicos sintéticos e seus efeitos secundários (GLIESSMAN, 2000).

Por apresentar semelhanças com a *Piper hispidinervium* C.DC (Pimenta-longa) o cultivo da *Piper aduncum* L (*P. aduncum*), no Estado do Acre, vem sendo conduzido seguindo as recomendações agronômicas do sistema de produção sem irrigação, pois se trata de uma espécie com método de cultivo já estudado. No entanto, avaliações agronômicas no cultivo da *P. aduncum* em escala comercial ainda são necessárias, em especial aquelas que poderão, nesta fase de domesticação desta espécie, impactar mais fortemente na produtividade de biomassa aérea da planta e em especial do seu óleo essencial, entre elas se destaca a irrigação. O rendimento e a composição química do óleo essencial de uma planta são determinados geneticamente embora vários outros fatores possam contribuir ou alterar este rendimento e composição, por exemplo, o estágio de desenvolvimento da planta ou ainda fatores externos como o ambiente na qual o vegetal se desenvolve, a interação biótica e o tipo de cultivo, incluindo o grau de hidratação do solo (SIMÕES, 2007).

O sistema de produção da *P. aduncum* 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 reduzida precipitação pluviométrica. Segundo Taiz e Zaiger (2013), o período de precipitação com insuficiente disponibilidade de água que resulta em déficit hídrico para a planta é um termo meteorológico denominado de “seca”. Na região de Rio Branco, Estado do Acre, o período de precipitação insuficiente ocorre do mês de maio até o mês de setembro, período no qual a adoção de sistemas e manejo adequado da irrigação se fazem necessários para atender a demanda hídrica das culturas.

O cultivo irrigado da *P. aduncum* no período seco poderá direcionar até mesmo novas épocas de corte para extração da biomassa aérea da planta, tendo em vista a não interrupção do fornecimento de água para o seu desenvolvimento vegetativo e produtivo. Até o presente o cultivo da *P. aduncum* vem sendo conduzido sem irrigação no período seco, dependendo exclusivamente da precipitação pluviométrica na região.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa foi determinar os parâmetros para realizar o manejo da irrigação na cultura da *Piper aduncum* durante o período seco do ano. Os objetivos específicos foram avaliar os efeitos das tensões da água no solo sobre:

- O desenvolvimento vegetativo da planta.
- A produtividade de biomassa verde e seca.

- O rendimento, teor do composto dilapiol no óleo essencial e a produtividade do óleo essencial em relação à massa seca de folhas e ramos finos.

- O desenvolvimento vegetativo e produtivo da rebrota da *P. aduncum*, no período chuvoso.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Aspectos gerais da cultura e aplicações do óleo essencial

A *P. aduncum* pode ser encontrada desde o nível do mar até altitudes consideráveis. Sua distribuição geográfica se dá na América Central, Antilhas e América do Sul. No Brasil é encontrada nos Estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Mato Grosso, Ceará, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná. No nordeste brasileiro é conhecida como pimenta-de-fruto-ganchoso, tapa-buraco, falso-jaborandi e aperta-ruão; por esse último nome é também conhecida no Sudeste, principalmente no Estado de São Paulo. Nos Estados do Amazonas e Acre, os indivíduos desta espécie são denominados popularmente de pimenta-de-macaco. Em Cuba é conhecida como “platanillo-de-cuba” e “canilha de ruerto”, na Venezuela como “comdocillo blanco” e em Trinidad Tobago como “oijú-yu” (FAZOLIN et al., 2006).

A *P. aduncum* (Figura 1) ocorre de forma espontânea na região amazônica e ainda nas regiões sul e sudeste, mas é na Amazônia, especialmente nos Estados do Acre e Amazonas, que ela apresenta maiores rendimentos de óleo essencial com teores de dilapiol acima de 70% (BERGO, 2010). Por se tratar de uma espécie pouco estudada e em fase de domesticação, poucos são os estudos sobre a cultura, conforme citado por Santos e Siviero (2015). São necessárias pesquisas para maximizar sua produtividade de biomassa verde e seca, de onde o óleo essencial é extraído, como também do teor de dilapiol contido no óleo essencial, que pode variar de 30% a 97% (ANDRADE et al., 2009).



Figura 1. (A) Planta de *P. aduncum* e aspecto do seu caule (B). Características das folhas, ramos finos e espiguetas da *P. aduncum* (C e D). As imagens são do dia 15/06/2015, cerca de 7 meses após o transplante de plantas irrigadas e utilizadas na presente pesquisa, na unidade experimental da Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

Plantas de *P. aduncum* são arvoretas de até 8 m de altura. Os ramos são pubescentes; os pecíolos são verdes medindo de 2 a 4 mm de diâmetros; as folhas apresentam lâmina elíptica ou lanceolada com base arredondada e o ápice acuminado, ásperas na face adaxial, medindo cerca de 20 cm de comprimento e 7 cm de largura. As espigas são sustentadas por pedúnculos que medem de 0,8 a 2 cm, são curvas e apresentam flores protegidas por bractéolas pedicelado-peltadas e os frutos com estigmas sésseis (SANTOS e SIVIEIRO, 2015).

A fitoquímica do gênero *Piper* lista 600 constituintes químicos, pertencentes a diferentes classes de componentes bioativos, como alcalóides, amidas e propenilfenóis, entre muitos outros. A composição do óleo essencial de *P. aduncum*, coletada em diferentes locais da região Amazônica, aponta o dilapiol, um éter fenílico, com teores de dilapiol próximos a 90%, outras substâncias como o sarisan, com bioatividade comprovada e apresentando em suas estruturas químicas o grupo metilenodioxifenil é produzido em menor quantidade junto com o dilapiol (FAZOLIN et al., 2006). Segundo Santos e Siviero (2015) a composição do óleo de *P. aduncum* é bastante variada entre as plantas coletadas nas diferentes regiões do Brasil, na maior parte dos trabalhos, predomina o fenilpropanóide dilapiol, contudo o rendimento é variável.

Inicialmente, as pesquisas com *P. aduncum* focavam o conhecimento das suas propriedades medicinais, atribuído às tinturas e extratos. Recentemente, os estudos têm sido direcionados à exploração comercial do óleo essencial extraído das partes aérea da planta com potencial promissor tanto na agricultura como na medicina (SANTOS e SIVIEIRO, 2015), elaborando produtos para o controle de pragas e doenças de interesse agropecuário (BERGO, 2010).

O dilapiol possui ação inseticida sobre coleópteros como *Sitophilus zeamais* Motsch, praga de grãos armazenados, principalmente de milho, arroz e trigo e sua eficácia é dependente da via de intoxicação por fumigação e contato por aplicação em superfície contaminada (ESTRELA et al., 2006).

Fazolin et al. (2005) avaliaram, em condições de laboratório, a toxicidade do óleo essencial da *P. aduncum* com 73,97% de dilapiol em diferentes concentrações no controle de *Ceratomyxa 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. A mortalidade dos insetos alcançou praticamente 100% nas concentrações de 1% do óleo essencial na avaliação por contato (papel-filtro) e de 5% a 30% nas concentrações aplicadas topicamente.

Ainda em condições de laboratório, Silva et al. (2007) avaliaram a ação inseticida dos estratos e folhas da *P. aduncum* sobre insetos adultos *Aetalion* sp (Hemiptera, Aetalionidae) pragas sugadoras de importância econômica no Amazonas, coletados em *Clitoria fairchildiana* (Leguminosae, Faboideae) nos ramos e folhas infestados por insetos. Os resultados obtidos pelos autores permitiram concluir que tanto o extrato aquoso de raízes como o de folhas de *P. aduncum* apresentaram atividade inseticida sobre adultos de *Aetalion* sp. Entretanto, por não causar impacto ambiental durante a coleta e pela praticidade de obtenção da matéria prima, recomenda-se o extrato aquoso de folhas em programas de controle alternativo desse inseto.

Em condições de campo, avaliações demonstraram que o extrato de *P. aduncum*, utilizado como inseticida no controle de adultos *C. tingomarianus* nas folhas do feijoeiro, foi altamente significativo se for adotado 20% de desfolhamento como nível médio de controle, impedindo que esse valor fosse atingido durante a etapa reprodutiva do feijoeiro. Na cultura do abacaxi, avaliou-se a eficácia do óleo essencial da *P. aduncum* 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 atacado pela broca foi de apenas 3% em média, 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 *P. aduncum* promove o controle dessa praga (FAZOLIN et al., 2006).

4.2 Manejo da irrigação

Embora o clima no Acre seja equatorial quente e úmido com índices pluviométricos relativamente altos, variando entre 1600 mm e 2750 mm, tendendo a aumentar no sentido Sudeste-Noroeste, a precipitação não é bem distribuída ao longo do ano com três meses extremamente secos (junho, julho e agosto) que é classificado, segundo Köppen, como Am, especialmente no setor sudeste envolvendo as regionais Alto

e Baixo Acre e em menos de um mês o Noroeste na regional Tarauacá/Envira e Juruá (ACRE, 2006; ALVARES et al., 2014). Esse aspecto climatológico demonstra a necessidade de desenvolver pesquisas relacionadas ao cultivo da *P. aduncum* em condições irrigadas.

Parâmetros técnicos que auxiliem o manejo da irrigação na cultura da *P. aduncum* não foram identificados na literatura. Foram encontradas apenas informações superficiais relacionadas ao desenvolvimento vegetativo e produtivo da *P. hispidinervium* em resposta à determinada reposição hídrica no solo, na região norte do Brasil, no Estado do Pará. Embora sejam as duas espécies fenologicamente semelhantes (*P. hispidinervium* e a *P. aduncum*), observações de campo mostram diferenças entre elas. Uma dessas diferenças é a menor tolerância à deficiência hídrica no solo da *P. aduncum*.

No primeiro ano de cultivo da *P. hispidinervium* na região de Igarapé Açú/Pa, a mortalidade das plantas é significativa, podendo chegar a 30%, quando o período de estiagem se estender por mais de 30 dias e se o período de deficiência hídrica for ainda mais prolongado, dois a três meses, as perdas por mortalidade das plantas podem chegar até 90% (NETO et al. 2005). Na pesquisa desenvolvida na região de Igarapé Açú/PA por Silva (2000) na *P. hispidinervium* indicou que adicionando diariamente 1 litro de água por planta, houve incremento massa fresca de folhas e ramos finos até o sétimo mês após o plantio, a partir do qual predominou maior incremento na matéria seca da haste principal (caule). Ainda segundo esse autor, a suplementação hídrica induziu maior produtividade às plantas, refletida pela produção de biomassa e de óleo essencial com alto teor do composto safrol.

As plantas de orégano (*Origanum vulgare* L.), por exemplo, quando cultivadas para extração de óleo essencial na região de Presidente Prudente/SP apresentaram os melhores resultados de crescimento e na produção de óleo essencial quando a reposição da lâmina de água evaporada do tanque classe A foi de 100% (MARQUES et al., 2009). Na medida em que a tensão da água no solo aumentou houve incremento da biomassa da *Melaleuca alternifolia* Chell “árvore de chá”, porém sem diferenças significativas na concentração do óleo essencial, exceto para o tratamento onde o nível de deficiência hídrica foi mais severo (SILVA et al., 2002).

Por outro lado, a influência de diferentes lâminas de irrigação considerando o manejo da água com base em dados climáticos proporcionou diferentes rendimentos de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L). A lâmina de irrigação

necessária para repor 100% da água evaporada do tanque classe A proporcionou maior rendimento de óleo essencial quando comparado ao tratamento sem reposição de água (MARQUES et al., 2009). Pinto (2010) estudou o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre as características de crescimento, produção e qualidade de óleo essencial de capim-limão e constatou que a reposição hídrica em 100% da demanda evaporativa e turno de rega de 7 dias não proporcionou diferenças na altura da planta e número de perfilhos de capim-limão. Quando a planta foi submetida à reposição hídrica de 50% da demanda evaporativa e turno de rega de 7 dias, não gerou diferenças na produtividade, matéria seca, altura das plantas e número de perfilhos, porém foi maior a produção do óleo essencial.

Os processos fisiológicos envolvidos na produção vegetal têm uma relação muito estreita com a maior ou menor disponibilidade de água no solo para as plantas. O arranjo das partículas do solo afeta a interação solo-água-planta-atmosfera, que, em termos de estado de energia da água na forma de potencial, determina os processos de absorção de água e nutrientes pela planta (CARVALHO et al., 2012).

Infelizmente, o manejo da irrigação é baseado em costumes herdados ou conveniência particular, em vez de corretas análises para as condições presentes. Para que haja o máximo crescimento vegetativo, a transpiração de uma superfície vegetal deve ser mantida na sua capacidade potencial, sob as condições climáticas prevaletentes e durante o ciclo de irrigação, a tensão máxima que se deve permitir que a água do solo atinja, sem afetar a produção é aquela sob a qual ainda haverá suficiente absorção pela planta, de modo que a previna a progressiva deficiência de água (BERNARDO et al., 2006). Segundo Carvalho e Oliveira (2012), a técnica da irrigação não pode ser confundida com molhação ou encharcamento do solo. Quando se fala em usar água de maneira racional significa aplicar água às plantas na medida certa (quanto?) e no momento adequado (quando?), sendo que essa prática constitui a base de um manejo da irrigação, que não é tarefa fácil, pois depende de vários fatores relacionados à atividade agrícola.

O manejo da água na agricultura irrigada pode ser executado com diferentes bases de informação: demanda agrometeorológica na região, monitoramento via solo e características fisiológicas da planta, embora o monitoramento dos parâmetros fisiológicos reflita o real estado hídrico nas plantas, na prática ainda é pouco utilizado no manejo da água de irrigação, tendo em vista as metodologias disponíveis e o nível dos equipamentos disponíveis (CARVALHO e OLIVEIRA, 2012). O monitoramento das

irrigações via solo considera a disponibilidade hídrica no solo em que se desenvolve a cultura, sendo necessárias informações a respeito da profundidade efetiva das raízes, capacidade de água disponível do solo, fator de depleção, teor de água crítico ou potencial mátrico crítico para a cultura (FRIZZONE et al., 2012).

O potencial mátrico expressa o estado de energia da água quando há interação desta com as partículas sólidas do solo, comumente denominadas matrizes do solo (daí o nome mátrico) (FILHO et al., 2008). O potencial mátrico crítico na região de maior concentração de raízes indica o valor até o qual as irrigações devem ser realizadas sem que ocorram prejuízos para a produtividade, aplicando uma quantidade de água suficiente para elevar o armazenamento de água no solo até a capacidade de campo (FRIZZONE et al., 2012).

Os autores Filho et al. (2008) e Klein (2008) definem a capacidade de campo como a quantidade de água retida no solo, depois que o excesso tenha drenado e a taxa de movimento descendente tenha decrescido acentuadamente, o que geralmente ocorre dois a três dias depois de uma chuva ou irrigação em solos permeáveis de estrutura e textura uniformes. O potencial mátrico terá sinal negativo, no entanto, quando esse valor recebe a denominação “tensão da água no solo”, o sinal negativo é subtraído (KLEIN, 2008). Segundo Pereira et al. (2006) a tensão da água no solo entre 10 e 20 kPa indica que o solo está na capacidade de campo ou próximo dela. Em termos práticos, o potencial mátrico é medido e não calculado, as medidas experimentais são feitas de maneira direta, mensurando a influência da umidade do solo sobre o potencial mátrico (FILHO et al., 2008).

Existem diversos instrumentos que podem ser utilizados para a determinação do potencial matricial da água no solo, dentre os instrumentos existentes, destaca-se o uso de tensiômetros, sensores de resistência elétrica, sonda de nêutrons e TDR (reflectometria no domínio do tempo); sendo o tensiômetro utilizado com sucesso no manejo da irrigação de diferentes culturas em vários locais (FRIZZONE et al., 2012). O tensiômetro é um método direto para a determinação da tensão da água no solo (BERNARDO et al., 2006). Indiretamente, por uma curva de retenção da água no solo, infere-se sobre o grau de umidade atual, o qual é utilizado para calcular a lâmina de irrigação necessária, uma desvantagem do tensiômetro é medir o potencial mátrico em uma faixa estreita (0 à -80 kPa) (FRIZZONE et al., 2012). Acima desses valores, o ar penetra no instrumento através dos poros da cápsula, a água começa a passar do estado líquido para o

estado de vapor e as medições perdem a precisão, porém, esse intervalo apesar de limitado, representa uma importante faixa de potencial e umidade do solo em práticas agrícolas (CARVALHO e OLIVEIRA, 2012).

No caso de medidas de tensão da água no solo acima do limite máximo do tensiômetro, podem ser utilizados sensores de resistência elétrica, como por exemplo, o sensor matricial granular. O sensor opera com base no princípio da resistência elétrica, os eletrodos no interior do sensor são embutidos em material granular sob uma camada de gesso que é revestida pelo mesmo material granular. Este, por sua vez, é encoberto por um tecido e uma tela metálica, através dos quais a água entra e sai do sensor (PEREIRA et al., 2006). Em função das mudanças na umidade do solo, a tensão varia e, com ela, o valor da resistência elétrica e seu par de eletrodos são altamente resistentes à corrosão. Uma vez instalado no perfil do solo, uma corrente elétrica é aplicada ao sensor a fim de obter o valor da resistência elétrica correlacionando com a tensão da água no solo (CARVALHO e OLIVEIRA, 2012).

As leituras do sensor são feitas com um registrador portátil de umidade do solo (PEREIRA et al., 2006). O sensor permite medir tensões da água no solo no intervalo de 0 a 200 kPa (CARVALHO e OLIVEIRA, 2012). Diversos autores têm utilizado o sensor Watermark para medir a tensão da água no solo nos cultivos irrigados, dentre as culturas estudadas, por exemplo, estão a berinjela (BILIBIO et al., 2010), canola (BILIBIO, 2010) e brócolis (TANGUNE et al., 2016). Utilizando o tensiômetro citam-se, por exemplo, as pesquisas desenvolvidas por Farias e Saad (2004) na cultura do crisântemo, Oliveira et al. (2011) na cultura da ervilha; Villas Boas (2010) na cultura da cebola de cabeça; e Koetz (2006) na cultura do maracujazeiro-amarelo, em todas essas pesquisas citadas foram determinadas a tensão limite da água no solo para iniciar a irrigação e, conseqüentemente, obter a maior produtividade das culturas.

Em laboratório aplicando tensões crescentes em amostras de solo e determinando a umidade volumétrica para cada tensão obtêm-se a curva característica de retenção da água no solo (KLEIN, 2008). Essa curva de retenção será utilizada para obter a umidade atual do solo de acordo com a tensão medida no campo. Os limiares que maximizam a produção comercial são conhecidos para a maioria das culturas, em diferentes solos. Para a produção tanto de sementes como de produtos “in natura”, os limiares críticos de tensão da água no solo que definem o momento de iniciar a irrigação para a cebola, batata, beterraba, milho, trigo, alfafa e cenoura estão disponíveis na

literatura. A tensão limite que indica o início da irrigação variam de cultura para cultura e também em função da textura do solo, condições climáticas locais e do método de irrigação empregado pelo produtor (PEREIRA et al., 2006).

Definido o limite de tensão da água no solo para iniciar a irrigação em determinada cultura, a reposição hídrica no solo deverá ser realizada por um determinado sistema de irrigação. Dentre os sistemas de irrigação Bernardo et al. (2006) e Miranda e Pires (2003) destacam os sistemas de irrigação por aspersão, irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) e irrigação por superfície. Cada sistema de irrigação apresenta vantagens e desvantagens, características do dimensionamento hidráulico e manejo da irrigação.

Tornou-se mais evidente nas últimas décadas que a técnica da irrigação é fundamental para suprir a demanda mundial de alimentos. Mais de 40% da produção total da agricultura provém de áreas irrigadas, embora estas representem menos de 20% da área total de colheita do planeta. A irrigação representa 70% do total de água de qualidade utilizada atualmente, e a microirrigação (gotejamento e microaspersão) desponta-se como um dos processos mais promissores para melhorar a eficiência de utilização da água (FRIZZONE et al., 2012). A microirrigação caracteriza-se por aplicar água com baixa vazão, por tempo relativamente grande, com alta frequência na radicular, via sistemas de baixa pressão, acima ou abaixo do nível do solo, bem como utilizar a água como veículo de fertilizantes e outros produtos químicos. Essas características mantêm alto grau de umidade num pequeno volume de solo, onde geralmente está contido o sistema radicular das plantas (FRIZZONE et al., 2012).

A área total irrigada no Brasil é de 4.453,925 ha, as regiões com as maiores áreas irrigadas do Brasil são respectivamente a Sudeste (35,6%), Sul (27,5%), Nordeste (22,12%), Centro-Oeste (12,3%) e Norte (2,4%), os Estados do Tocantins e Pará juntos representam 65,6% do total irrigado (PAULINO et al., 2011). Segundo Mendes (2016), a área plantada e irrigada no Estado do Acre no ano de 1994 foi de 600 hectares.

Portanto, Bernardo et al. (2006) destacam que a irrigação localizada não deve ser considerada somente como uma nova técnica para suprir água as culturas, mas como parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas nos cultivos de determinadas plantas, sob condições controladas de umidade do solo, adubação, salinidade, doenças e variedades selecionadas, de modo que se obtenham efeitos significativos na

produção por área e por água consumida, assim como na época da colheita e na qualidade do produto.

Em se tratando de uma espécie em fase de domesticação, seu cultivo em condições irrigadas poderá contribuir para o melhor desempenho vegetativo e produtivo da *Piper aduncum* em escala comercial, possibilitando ainda o seu cultivo em regiões distintas da região amazônica onde a escassez de chuva se torna um fator limitante para o desenvolvimento da cultura.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização do experimento

O experimento foi desenvolvido na área experimental da Embrapa Acre, localizada no município de Rio Branco, Estado do Acre. O mesmo está situado a 10°1'42,85" de latitude Sul e 67°41'03,03" de longitude Oeste, a uma altitude média de 160 m. As características climáticas da região correspondente às médias anuais da temperatura do ar, precipitação média anual e a umidade relativa média do ar são 25°C, 1700 mm e 82%, respectivamente.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho (SANTOS, et al., 2013). Duas amostras de solos foram retiradas na camada média entre 0 a 0,25 m de profundidade, posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo da Embrapa Acre. Os resultados da análise física (granulometria) e química do solo onde o experimento foi conduzido são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Granulometria do solo da área experimental para a camada média entre 0 - 0,25m, realizada pelo Laboratório de Solos da Embrapa Acre, Rio Branco - Acre, 2014.

Camada (m)	Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	Textura
	(g kg ⁻¹)				
0 - 0,25	18,41	165,36	310,65	505,58	Textura média

A adubação foi executada conforme recomendações da *Piper hispidinervium*, aplicando 10g de superfosfato triplo na cova, trinta dias antes do plantio.

Após o primeiro corte da biomassa foi aplicado em cobertura 10g de superfosfato triplo, 8g de uréia e 5g de cloreto de potássio por planta (PIMENTEL et al., 1998). Não foi realizada a correção da acidez do solo, pois segundo Pimentel et al. (1998), em áreas onde o pH encontra-se acima de 5,0 não é necessária aplicação de calcário para a cultura.

Tabela 2. Análise química solo da área experimental para a camada média entre 0 - 0,25 m, realizada pelo Laboratório de Solos da Embrapa Acre, Rio Branco - Acre, 2014.

Sigla	Descrição	Unidade	Determinação
pH	H ₂ O	-	5,64
Ca ²⁺	Cálcio	cmol _c .dm ⁻³	3,50
Mg ²⁺	Magnésio	cmol _c .dm ⁻³	1,05
K	Potássio	cmol _c .dm ⁻³	0,20
H+Al	Acidez potencial	cmol _c .dm ⁻³	2,37
Al ³⁺	Acidez trocável	cmol _c .dm ⁻³	0,24
P	Fósforo disponível	mg.dm ⁻³	0,48
P-rem	Fósforo remanescente	mg.L ⁻¹	22,79
SB	Soma de bases	cmol _c .dm ⁻³	4,75
CTC	Capacidade de troca catiônica a pH 7	cmol _c .dm ⁻³	7,12
V	Saturação por bases	%	66,71
m	Saturação por alumínio	%	4,72
MO	Matéria orgânica	g.kg ⁻¹	9,53

A área onde foi implantado o experimento (Figura 2) encontrava-se em pousio e com isso foi necessário utilizar o implemento agrícola Fresa Florestal (triturador de capoeira) para limpeza da área a partir da trituração da vegetação existente na superfície do solo.



Figura 2. Vista geral da área onde foi instalado o experimento (A) no dia 28/11/2014. Biomassa seca sobre o solo da área experimental realizada pelo implemento agrícola Fresa Florestal (B). Demarcação das parcelas experimentais no dia 11/12/2014 (C). Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2014.

5.2 Preparo de mudas e plantio

As sementes de *P. aduncum* foram obtidas de espécimes cultivadas no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Acre para a produção das mudas utilizadas no experimento. Para o controle da incidência de pragas e doenças durante a fase de formação das mudas, foram adotadas as recomendações de Neto et al. (2005).

Após a demarcação das parcelas experimentais, procedeu-se a abertura das covas. Realizou-se o plantio das mudas quando as mesmas alcançaram a altura média de 10 cm, no dia 14/11/2014. Pelo fato da *P. aduncum* não possuir recomendações técnicas de cultivo, utilizou-se as recomendações contidas no sistema de produção de *P. hispidinervum*, espécie do mesmo gênero e semelhante fenotipicamente à espécie em estudo. Foram separadas mudas sobressalentes e mantidas em condições adequadas de desenvolvimento caso fosse necessário o replantio na área experimental, pois a mortalidade é comum e o replantio é considerado uma operação que pode ocorrer cerca de 20 a 30 dias após o transplante em campo (CAVALCANTE, 2002).

5.3 Registros de parâmetros meteorológicos

No período em que o experimento foi conduzido, registrou-se diariamente, pela estação meteorológica automática da Embrapa Acre (Figura 3), a temperatura máxima, mínima e média do ar, a umidade relativa máxima, mínima e média do ar e a precipitação pluviométrica. O intervalo dos registros foi de 5 minutos, programados na estação automática, localizada a uma distância aproximada de 600 m do experimento.



Figura 3. Estação meteorológica automática da Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza (05/06/2015).

5.4 Curva de retenção de água no solo

Duas amostras foram retiradas da área experimental, condicionadas e encaminhadas ao Laboratório de Solo e Água da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP/Botucatu foi obtido o potencial matricial (Ψ_m) e a umidade do solo (θ) associados às tensões de 1, 3, 10, 30, 50, 100 e 1500 kPa com o objetivo de determinar as características físico-hídrico do solo na camada de 0,25 m em duas amostras de solo.

Obtidos os dados em laboratório, estimou-se os parâmetros adimensionais necessários do modelo matemático desenvolvido por Genuchten (1980) que descreve o comportamento da umidade do solo em função da tensão da água para o solo da área experimental, foi utilizado o programa computacional desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990) denominado de SWRC (Soil Water Retention Curve). O modelo ajustado para o solo em questão é descrito na Equação 1.

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

em que:

θ = umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$),

T = 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 $0,253 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$, estimada pela Equação 1.

5.5 Área e delineamento experimental

As dimensões da área experimental foram de 30,5 x 30 m (915 m^2). Nessa área foram demarcadas 20 parcelas experimentais, com dimensões de 6,0 x 4,5 m (comprimento e largura), constituindo assim, uma área unitária de 27 m^2 . Cada parcela foi constituída de 12 plantas no espaçamento de 1,5 x 1,5 m. A parcela útil monitorada durante o experimento foi de $4,5 \text{ m}^2$ (3 m x 1,5 m) correspondente às duas plantas centrais de cada parcela.

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos corresponderam até as tensões da água no solo de 20 kPa, 40 kPa, 60 kPa, e 100 kPa e Sem Irrigação (SI). A umidade do solo estimado pela Equação 1 para as tensões de 20; 40; 60 e 100 kPa foram de 0,216; 0,188; 0,176 e 0,164 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, respectivamente. Em termos percentuais foram de 85,37; 74,30; 69,56 e 64,82% em relação à CC.

5.6 Sistema de irrigação por gotejamento

Utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, composto por um filtro de disco da marca AZUD MODULAR-100, vazão de $14 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, superfície filtrante (discos) de 310 cm^2 de discos ranhurados, comprimento do conjunto de discos de 202 mm, pressão máxima de 80 mca, corpo e tampa feita em termoplástico de engenharia. Quatro linhas principais de PVC rígido compressão nominal de 60 mca e diâmetro interno de 46 mm. Linhas laterais em polietileno de alta densidade com pressão máxima de 60 mca no diâmetro de 16 mm. Nas linhas laterais foram conectados dois emissores por planta da marca Agrojet, modelo GA-10 autocompensante com base de grapa, instalado on-line, funcionando na pressão de serviço de 20 mca e aplicando a vazão de 10 L h^{-1} , detalhes do sistema de irrigação podem ser observados na Figura 4.

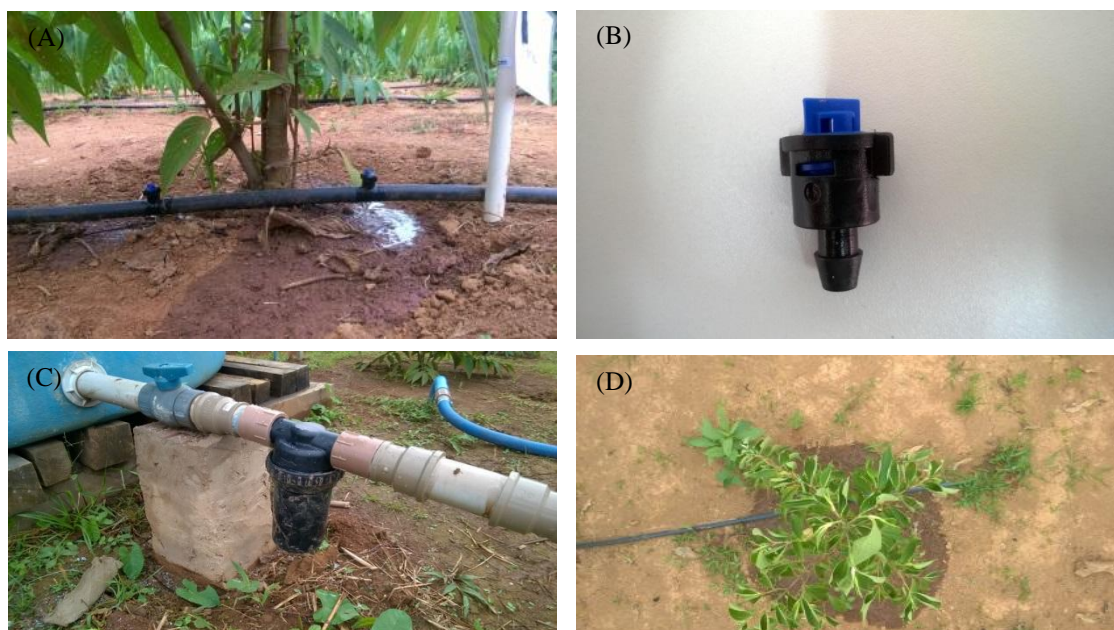


Figura 4. Detalhes dos emissores conectados on-line na linha lateral de irrigação (A) e antes da instalação (B). Filtro de disco utilizado no experimento (C). Vista superior da área irrigada pelos emissores na *P. aduncum* durante o experimento (D), as duas imagens correspondem à cultura com 195 dias após o transplante. Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

A água utilizada no sistema de irrigação foi captada no igarapé Quinari, localizado próximo ao experimento. A água foi bombeada por um conjunto motobomba elétrico até o reservatório de 10 m³ utilizado para armazenar a água do experimento. No decorrer desse trajeto, a água passava por um filtro metálico com diâmetro de 750 mm e altura de 1220 mm, vazão de 23 a 42 m³ h⁻¹, área de filtragem de 4418 cm², elemento filtrante areia (250 kg) com diâmetro das partículas de 0,8 a 1,2 mm antes de chegar ao reservatório (Figura 5).



Figura 5. Vista do igarapé Quinari (A). Sistema de bombeamento de água do igarapé Quinari feito por um conjunto motobomba multiestágios de 7,5 CV, trifásico (B). Filtro metálico com núcleo interno de areia (C). Derivação da rede de água principal para o reservatório de água utilizado no experimento (D). Água sendo armazenada no reservatório de 10 m³ (E). Vista frontal da área experimental (F). Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

A pressurização do sistema de irrigação foi realizada por um conjunto motobomba portátil da marca Stihl, modelo P835 com altura máxima de elevação de 45 mca e vazão máxima de 12 m³ h⁻¹, capacidade do tanque combustível de 2,56 litros de gasolina, potência de 2,5 kW, rotação na marcha lenta de 2000 rpm e rotação máxima de 7000 rpm e altura máxima de sucção de 4,5 metros. Utilizou-se esse conjunto motobomba devido a não disponibilidade de rede de energia elétrica no local do experimento. Foi instalada ainda, uma central de controle para atender individualmente cada tratamento, ou se necessário os quatro tratamentos simultaneamente (Figura 6).



Figura 6. Vista do conjunto motobomba à combustão utilizado no sistema de irrigação por gotejamento (A e B). Central de comando e manômetro para indicar a pressão de funcionamento do sistema de irrigação e válvulas para abertura e fechamentos individuais para cada tratamento (C). Fonte: Leonardo Paula de Souza.

5.7 Avaliação do sistema de irrigação

Após a instalação do sistema de irrigação mediu-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), obtendo-se um valor de 90%. Esse valor manteve-se constante até a suspensão da irrigação no dia 01/10/2015. A uniformidade da irrigação por gotejamento foi estimada de acordo com a metodologia descrita por Merriam e Keller (1978) com as modificações proposta por Denículi et al. (1980).

A uniformidade do sistema de irrigação foi avaliada mensalmente, mantendo-se constante em 90%. Quando o sistema de irrigação entrava em funcionamento para repor a água em determinado tratamento, verificava-se o posicionamento das linhas laterais e vazão dos emissores e limpeza semanal das linhas laterais abrindo o final de cada linha e deixando a água escoar por um minuto, além da limpeza do filtro de disco.

5.8 Registros da tensão da água no solo

Cada parcela experimental recebeu um instrumento para medição da tensão da água no solo. Para os tratamentos relacionados às tensões da água no solo equivalentes a 20 kPa, 40 kPa e 60 kPa foram utilizados tensiômetros de punção (Figura 7A e 7B) para leitura com tensímetro digital, modelo Blumat Digital (Figura 7C).

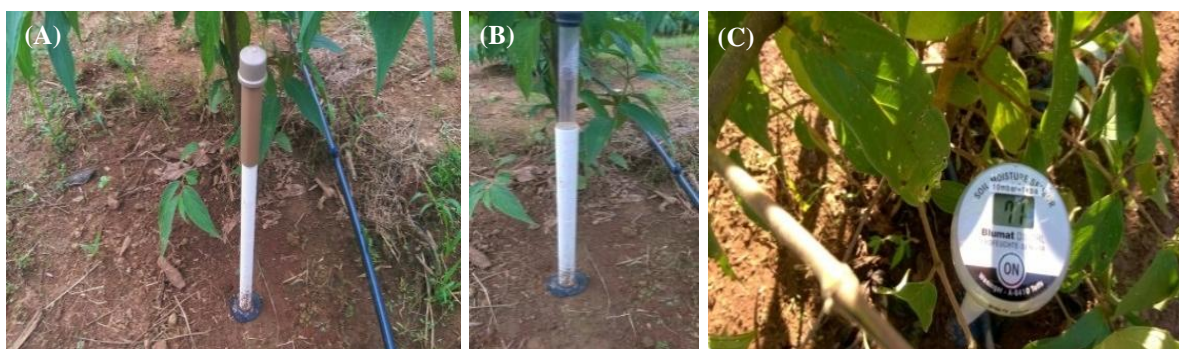


Figura 7. Tensiômetro de punção com proteção instalado na área experimental (A). Tensiômetro de punção sem proteção onde é possível visualizar pelo tubo acrílico a água destilada e rolha de silicone (B). Registro da tensão da água no solo pelo tensímetro digital em campo. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

Para a tensão da água no solo de 100 kPa foram instalados sensores de resistência elétrica, comercialmente denominado Watermark, modelo 200 SS-5 e medidor Watermark modelo KTCD-NL. Detalhes do sensor e medidor são apresentados na Figura 8.

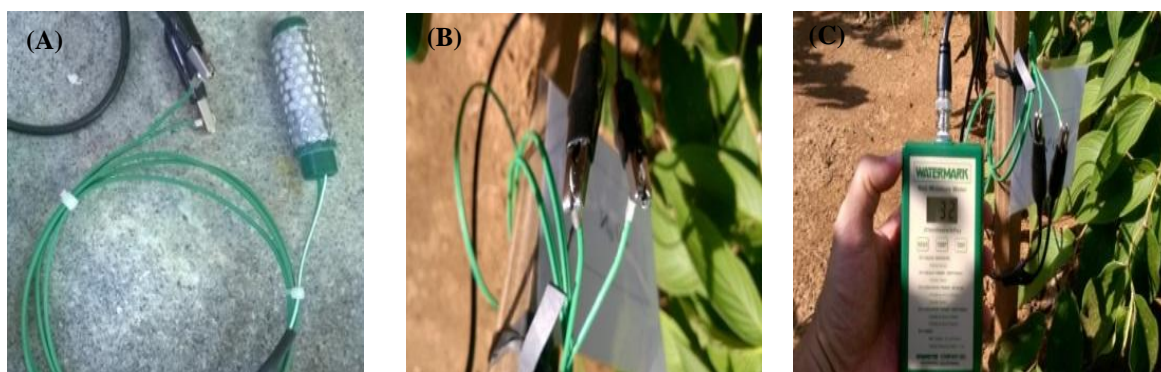


Figura 8. Sensor de tensão da água no solo em fase de teste (A). Detalhes da conexão sensor/medidor em campo (B). Registrando a tensão da água pelo medidor Watermark (C).

Dois dias antes da instalação em campo, todos os instrumentos foram devidamente testados e preparados em bancada do Laboratório de Solos da Embrapa

Acre (Figura 9). Para os tensiômetros, seguiram-se as recomendações técnicas de Marouelli (2008). No caso do sensor e medidor, seguiram-se as recomendações informadas no manual do fabricante.

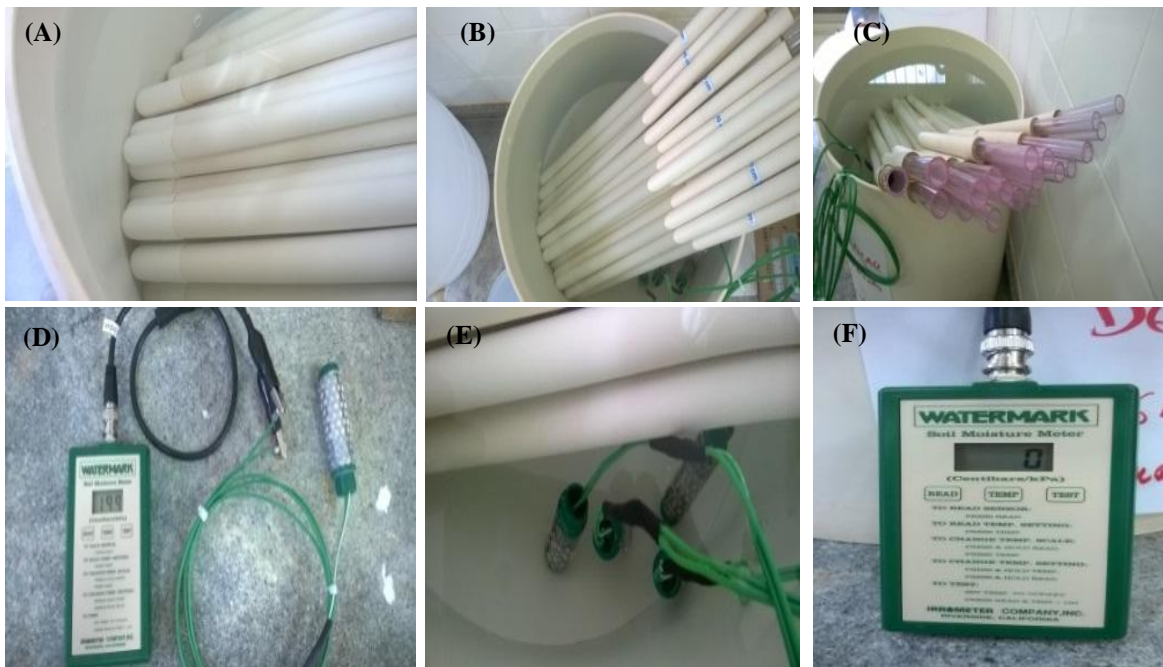


Figura 9. Vista das capsulas cerâmicas dos tensiômetros de punção submersas em reservatório com água destilada (A). Vista dos sensores submersos juntamente com as capsulas cerâmicas em reservatório com água destilada (B). Vista geral dos tensiômetros de punção em reservatório com água destilada (C). Testando o sensor de tensão de água no solo em condições secas (D), o valor de 199 kPa indica o limite máximo do sensor. Sensores de tensão de água no solo submersos em reservatório com água destilada (E) e Leitura da tensão no sensor pelo medidor em condição saturada (F) indicado pelo valor 0 (zero). Os valores registrados pelo medidor indicaram perfeito funcionamento de todos os sensores. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

Os tensiômetros de punção e os sensores foram instalados a 25 cm de profundidade, pois aproximadamente 80% do sistema radicular da *P. aduncum* encontram-se até esta profundidade, conforme informação prestada por pesquisadores da Embrapa Acre, familiarizados com a cultura. Detalhes da instalação dos tensiômetros de punção são apresentados na Figura 10.



Figura 10. Acesso à profundidade de 0,25 m utilizando um trado de rosca (A). Retirada do solo para instalação do tensiômetro de punção ou sensor de umidade do solo (B). Vista superior do orifício de acesso aos sensores (C). Posicionamento do tensiômetro de punção (D). Adicionando água destilada no interior do tensiômetro de punção (E). Fechando o tensiômetro com auxílio de uma rolha de silicone (F) e Proteção da rolha e tubo de acrílico com material de PVC contra a radiação solar (G). Fonte: Leonardo Paula de Souza.

5.9 Manejo da irrigação

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 (capacidade de campo adotada), ou próxima a ela.

O tensímetro digital utilizado fornecia a tensão em “bar”, sendo necessária a transformação para “kPa” e na sequência realizava-se a correção da tensão para a profundidade da cápsula cerâmica do tensiômetro de punção, localizada a uma profundidade de 25 cm considerando o tamanho total do tensiômetro, utilizando a Equação 2.

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

em que:

T = tensão da água no solo corrigida (kPa),

L = leitura da tensão no tensímetro digital (kPa),

C = 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.

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

em que:

L_B = lâmina bruta de irrigação (mm),

θ_{CC} = umidade do solo na capacidade de campo ($0,253 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$),

θ_{atual} = umidade do solo no momento de irrigar ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$),

Z = profundidade monitorada do sistema radicular (250 mm),

E_f = eficiência de aplicação da água pelo sistema de irrigação (0,90).

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

em que:

T_i = tempo de irrigação (minutos),

A_c = área da projeção da copa da planta ($0,563 \text{ m}^2$),

e = quantidade de emissores por planta (2),

q_e = vazão média de cada emissor (10 L h^{-1}).

No decorrer do experimento, foi necessário substituir oito emissores devido a problemas de obstrução ou por simplesmente pararem de emitir água. Foram consumidos cerca de 20 litros de água destilada, substituição de 2 rolhas de silicone nos tensiômetros de punção, 6 agulhas no tensímetro e aproximadamente 50 litros de gasolina.

5.10 Avaliação do desenvolvimento vegetativo em campo

A avaliação do desenvolvimento vegetativo das plantas foi realizada em intervalos de 30 dias. No decorrer do experimento irrigado, realizaram-se quatro medições para cada tratamento. Media-se a altura e diâmetro da copa das plantas em cada parcela útil correspondente aos tratamentos; a média de cada tratamento correspondeu

a oito plantas. A altura da planta (AP) e o seu respectivo diâmetro da copa (DC) foram medidos com auxílio de uma trena. A AP foi determinada em relação à superfície do solo até o ápice da última folha de cada planta da parcela útil. Para determinar o DC, fez duas medidas ortogonais passando pelo centro da copa, registrando-se a média entre elas, segundo a metodologia proposta por BERGO (2010).

5.11 Avaliação da biomassa aérea da planta

Foram realizados dois cortes da parte aérea das plantas. O primeiro corte foi realizado no dia 10/10/2015, logo após a suspensão da irrigação. O segundo corte foi realizado no dia 14/04/2016, ou seja, praticamente seis meses após o primeiro corte. O segundo corte correspondeu à quantificação da produção de biomassa e do desenvolvimento vegetativo da rebrota da planta durante o período chuvoso na região amazônica.

5.12 Avaliação da massa fresca total

A massa fresca total (MFTOTAL) foi quantificada em balança digital portátil e seus resultados expressos em quilograma (kg). As duas plantas referentes à parcela útil foram cortadas a uma altura de 0,40 m em relação à superfície do solo com auxílio de uma roçadeira manual equipada com disco de corte (Figura 11). Após o corte, as plantas foram transportadas ao local preparado para realizar as pesagens e assim quantificada a MFTOTAL de cada repetição para todos os tratamentos.



Figura 11. Identificando a altura de corte na planta (A). Operador com roçadeira manual efetuando o corte na planta (B). Detalhe do disco e altura do corte na planta (C). Transporte manual das plantas até o local da pesagem (D). Pesagem das plantas em estrutura montada ao lado do experimento (E). Obtenção da massa fresca total em (kg), balança digital (F). Embrapa Acre, Rio Branco/AC no dia 10/10/2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

5.13 Avaliação da massa fresca de folhas e ramos finos

Após a quantificação da MFTOTAL, as folhas e ramos finos foram separados do caule, obtendo-se assim a massa fresca de folhas e ramos finos (MFFRF), também quantificada em kg, nessa etapa o caule foi descartado. Detalhes desse processo são apresentados na Figura 12.



Figura 12. Momento em que a massa fresca de folhas e ramos finos é separada do caule da planta (A e B). Pesagem da massa fresca de folhas e ramos finos (C). Embrapa Acre, Rio Branco/AC no dia 10/10/2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

5.14 Avaliação da massa fresca do caule

A massa fresca do caule (MFCAULE) foi obtida pela subtração do peso da MFTOTAL em relação à MFFRF (Equação 5).

$$\text{MFCAULE} = \text{MFTOTAL} - \text{MFFRF} \quad (5)$$

em que:

MFCAULE – massa fresca de caule, kg;

MFTOTAL – massa fresca total, kg;

MFFRF – massa fresca de folhas e ramos finos, kg.

5.15 Amostras de massa fresca de folhas e ramos finos

Foram retiradas amostras de aproximadamente 1 kg da MFFRF (Figura 13) das quatro repetições de cada tratamento; todas as amostras de MFFRF foram armazenadas em sacolas plásticas, identificadas e transportadas ao galpão de secagem da Embrapa Acre.



Figura 13. Amostras de massa fresca de folhas e ramos finos separados e armazenados em sacos plásticos após a pesagem das plantas. Embrapa Acre, Rio Branco/AC no dia 10/10/2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

5.16 Produtividade de massa fresca total

A estimativa da produtividade por hectare (kg ha^{-1}) de MFTOTAL, MFFRF e MFCAULE foi estimada da seguinte forma: para obtenção dos pesos relacionados à MFTOTAL, MFFRF e MFCAULE pesava-se as duas plantas da parcela útil, lembrando que cada tratamento constava de quatro repetições, assim a pesagem final correspondia ao peso total de 8 plantas. A partir daí calculava-se a média dessas 8 plantas e multiplicava-se pela população de 4444 plantas por hectare correspondente ao espaçamento de 1,5 x 1,5 m, obtendo-se assim, a produtividade média por hectare dos parâmetros produtivos da *P. aduncum*.

5.17 Produtividade de massa seca de folhas e ramos finos

Para obtenção da massa seca de folhas e ramos finos (MSFRF), todas as amostras da MFFRF (Figura 13) foram alocadas no galpão de secagem (Figura 14) da Embrapa Acre e devidamente identificadas, permanecendo por um período contínuo de sete dias, com revolvimento diário. No sétimo dia, todas as amostras foram novamente pesadas para quantificação da MSFRF, o percentual da MSFRF em relação à MFFRF foi calculado pela Equação 6.

$$\text{MSFRF} = \frac{\text{MSFRF}_7}{\text{MFFRF}} \cdot 100 \quad (6)$$

em que:

MSFRF – massa seca de folhas e ramos finos, (%);

MSFRF₇ – massa seca de folhas e ramos finos após sete dias de secagem, (kg);

MFFRF – massa fresca de folhas e ramos finos da amostra, (kg);

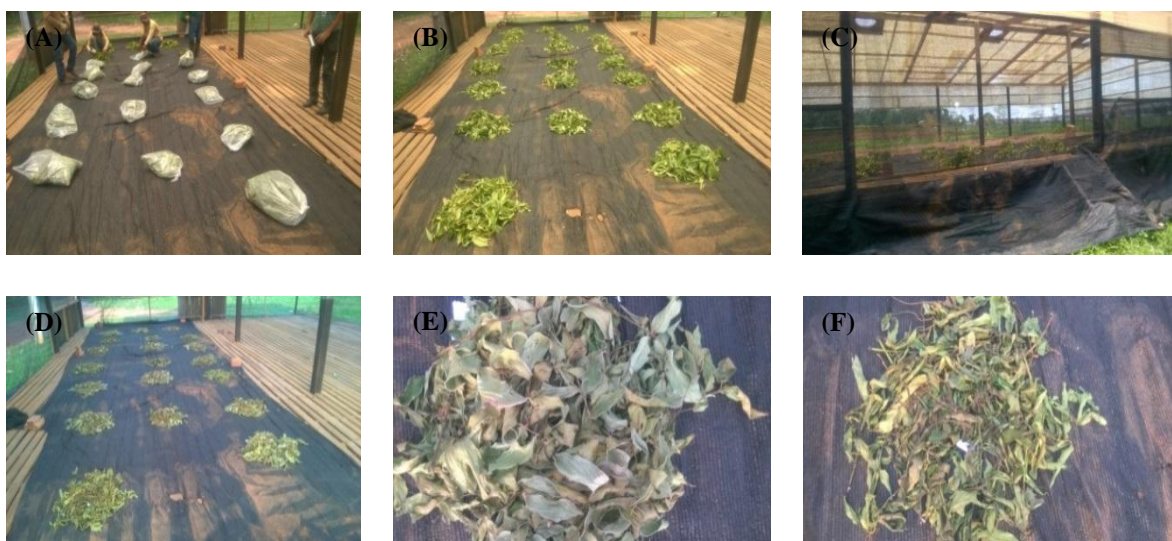


Figura 14. Distribuição das amostras de massa fresca de folhas e ramos finos no interior do galpão de secagem (A). Amostras distribuídas (B). Vista geral do galpão de secagem com proteção de tela (C). Amostras em processo de secagem (D). Amostras no terceiro dia de secagem (E). Amostras no quinto dia da secagem (F). Embrapa Acre, Rio Branco/AC entre os dias 10/10/2015 e 17/10/2015. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

Das amostras de MSFRF encaminhadas ao Laboratório de Óleos Essenciais da Embrapa Acre, retirou-se outra amostra com cerca de 150g de todas as repetições correspondentes aos tratamentos para quantificar o rendimento percentual de óleo essencial em relação à massa seca e o teor de dilapiol presente no óleo essencial da *P. aduncum*.

5.18 Teor de dilapiol no óleo essencial

Para determinar o teor de dilapiol, o óleo essencial foi extraído pelo método de coação ou de recirculação de água condensada (HEATH, 1977). Para a extração, utilizaram-se 25g de biomassa seca, para cada repetição dos tratamentos. Essas

amostras, após pesadas, foram misturadas a 450 mL de água destilada e submetidas à temperatura de ebulição da água (100°C) em manta aquecedora por 60 minutos para biomassa seca. No final desse período, a fração mais densa constituída de óleo foi coletada para posteriormente ser quantificada em cromatógrafo gasoso, marca HP, modelo 6890. O hélio foi utilizado como gás de arraste (NEGREIROS et al., 2013).

A umidade da biomassa foi determinada para realizar os cálculos de rendimento em base livre de umidade (BLU). Este teor de umidade foi baseado no princípio da imiscibilidade do solvente (tolueno) e da água contida na biomassa seca (FIGUEIRÊDO et al., 2004). Foram misturadas a 500 mL de água destilada e submetidas à temperatura de ebulição da água (100°C) em manta aquecedora por 60 minutos para biomassa seca.

Foram utilizados 5g da biomassa seca picotada, sendo colocada em balão de fundo redondo, com capacidade para 250 mL. Pelo topo do condensador, foram acrescentados mais 80mL de tolueno para permitir o retorno do solvente ao balão e expostos em manta aquecedora à temperatura de aproximadamente 120°C. Em seguida, foi realizada a leitura da quantidade de água extraída da biomassa (NEGREIROS et al., 2013). O cálculo da umidade foi realizado pela Equação 7.

$$u = \frac{v_a}{m} \times 100 \quad (7)$$

em que:

u – umidade, %;

v_a – volume de água (mL transformado em g);

m – massa da amostra, g.

O rendimento de óleo essencial obtido em laboratório foi calculado com base na matéria seca em base livre de umidade (BLU), por meio da Equação 8 (SANTOS et al., 2004).

$$ROE = \frac{v_o}{bm - \left(\frac{bm \times u}{100}\right)} \times 100 \quad (8)$$

em que:

ROE – rendimento de óleo essencial, %;

v_o – volume de óleo extraído, mL;

bm – biomassa aérea vegetal seca, g;

u – umidade presente na biomassa seca, %.

Esse procedimento foi aplicado na determinação da quantidade de óleo essencial em BLU com o resultado em porcentagem, correspondendo ao volume por peso do valor correto de óleo essencial contido na biomassa seca. Os dados de rendimento foram considerados 100% em nível de laboratório (NEGREIROS et al., 2013).

5.19 Desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultura irrigada (primeiro corte)

Após a suspensão da irrigação, as plantas submetidas aos diferentes tratamentos foram cortadas a 40 cm da superfície do solo para quantificação da biomassa aérea no dia 10/10/2015. Aspecto da cultura após o corte pode ser observado na Figura 15.



Figura 15. Situação da planta após o primeiro corte (10/10/2015). Fonte: Leonardo Paula de Souza.

5.20 Análise estatística

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 e as tensões da água no solo pelo uso de regressão. O programa computacional adotado para análise estatística foi o SISVAR para Windows, versão 4.0 (FERREIRA, 2008).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período em que ocorreu a diferenciação dos tratamentos e conseqüentemente o manejo da água pelo sistema de irrigação por gotejamento correspondeu ao período de 125 dias após o transplante (DAT), iniciando no dia 28/05/2015 e a suspensão das irrigações no dia 01/10/2015. Nesse período registrou-se um total de 117 observações no campo. O primeiro corte da parte aérea das plantas para quantificação da biomassa aérea foi realizado no dia 10/10/2015 (Figura 11, p. 29). O segundo corte, correspondente a rebrota das plantas durante o período chuvoso foi realizado no dia 14/04/2016, ou seja, praticamente seis meses após o primeiro corte e foram quantificadas as mesmas variáveis do primeiro corte.

Cabe ressaltar que a previsão do início da irrigação com base no balanço hídrico mensal da região de Rio Branco/AC era para o início do mês de maio e não ao final do mês como aconteceu. O Estado do Acre e principalmente a região de Rio Branco passou pela maior cheia histórica no ano de 2014/2015, durante o período chuvoso, portanto, as chuvas na região estenderam-se além da média normal, diminuindo apenas no final do mês de maio de 2015.

6.1 Condições climáticas no período irrigado

As condições climáticas registradas pela estação meteorológica automática a partir da diferenciação dos tratamentos são apresentadas nas Figuras 16 e 17. A temperatura máxima do ar foi de 39,03 °C registrada no dia 24/09/2015, enquanto que a

temperatura mínima do ar foi de 13,73 °C no dia 20/06/2015. A média da temperatura máxima, mínima e média foi de 33,75 °C; 20,44 °C e 25,67 °C, respectivamente.

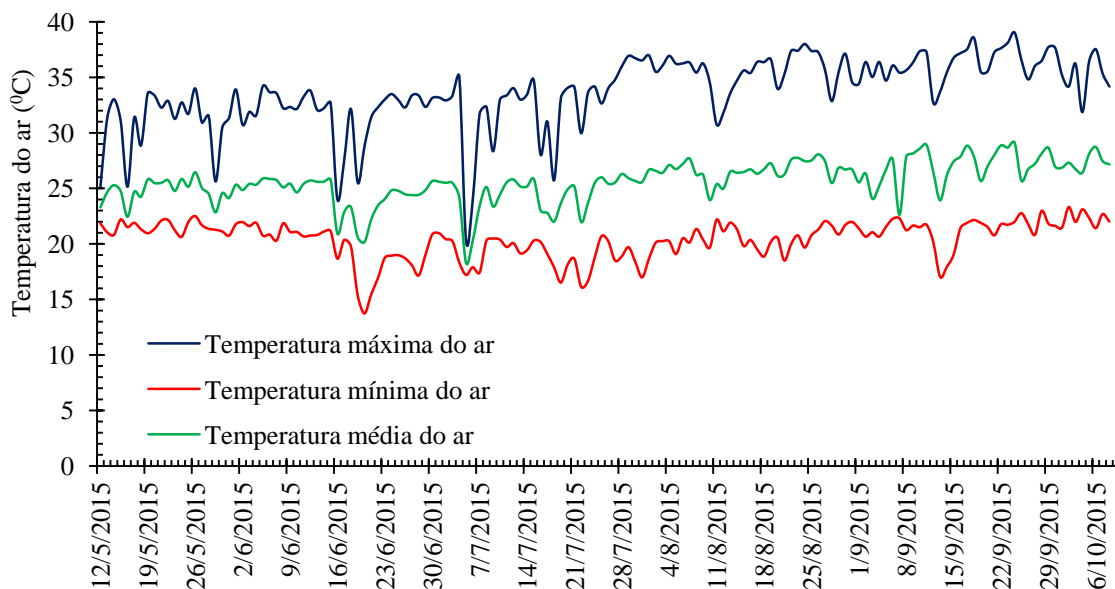


Figura 16. Registros diários da temperatura máxima, mínima e média do ar registrada na estação meteorológica automática, durante o período em que a cultura foi irrigada, nos diferentes tratamentos. Embrapa Acre, Rio Branco - AC, 2015.

Os registros diários da umidade relativa do ar são apresentados na Figura 17. A umidade relativa do ar mínima foi de 34% ocorrida no dia 31/07/2015 enquanto que a média foi de 84,68%. É possível visualizar na Figura 17 que durante o início do manejo da irrigação, a atmosfera contava com maior presença de vapor de água e gradativamente, no decorrer do estudo foi reduzindo, tornando os dias mais secos. O vapor de água atmosférico, ou seja, a umidade do ar é um fator determinante do nível e da qualidade de vida em um ambiente (PEREIRA et al., 2002). Ainda, segundo os mesmos autores, para a agricultura, o nível em que a umidade do ar ocorre em um ambiente terá efeito decisivo nas relações entre as plantas e as pragas ou doenças, sobre a qualidade dos produtos.

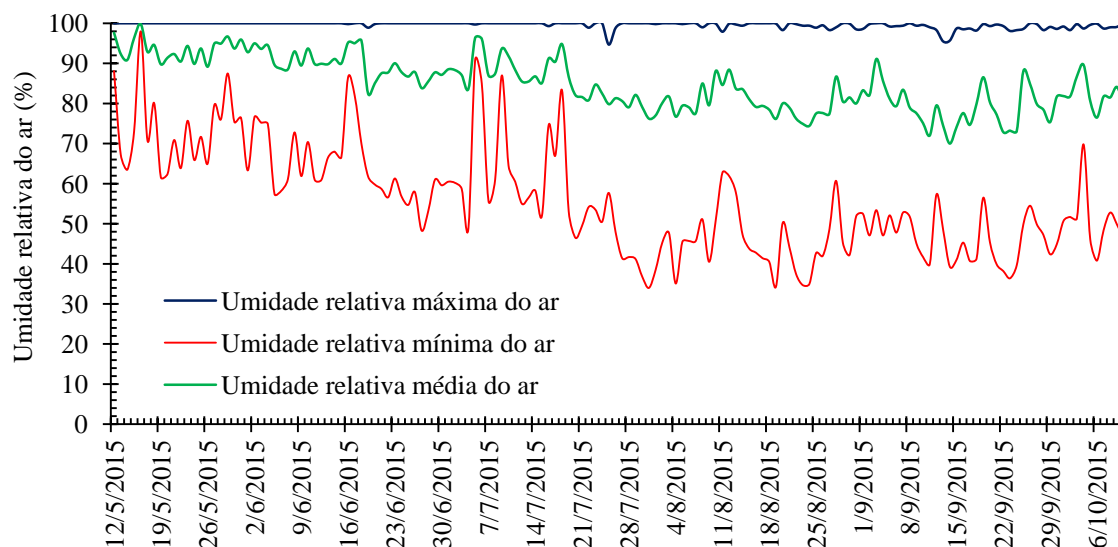


Figura 17. Umidade relativa diária máxima, mínima e média do ar registrada na estação meteorológica automática, durante o período em que a cultura foi irrigada, nos diferentes tratamentos. Embrapa Acre, Rio Branco - AC, 2015.

6.2 O manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi suspenso (01/10/2015) pelo retorno do período chuvoso na região, conhecido popularmente como “inverno amazônico” e assim contabilizaram-se as lâminas totais de água aplicadas pelo sistema de irrigação por gotejamento e as precipitações totais mensais ocorridas no período irrigado (Tabela 3).

Tabela 3. Lâminas totais de água aplicadas (mm) pelo sistema de irrigação por gotejamento em função dos tratamentos irrigados (tensões) e precipitações totais mensais, ocorridas durante a condução do experimento irrigado. Embrapa/Acre, Rio Branco – AC, 2015.

Mês	Lâminas de água (mm)				Precipitação efetiva mensal (mm)
	20 kPa	40 kPa	60 kPa	100 kPa	
Maio	0	0	0	0	19,9
Junho	92,1	84,3	57,8	0	32,9
Julho	158,6	162,9	171,7	111,4	3,0
Agosto	190,3	184,4	175,1	88,9	20,1
Setembro	171,5	177,1	191,8	89,1	49,0
Outubro	0	0	0	0	2,0
Lâmina aplicada de água (mm)	612,5	608,7	596,4	289,4	126,9
Precipitação efetiva (mm)	126,9	126,9	126,9	126,9	
Lâmina total (mm)	739,4	735,6	723,3	416,3	

No decorrer do experimento ocorreram 27 precipitações distribuídas entre o período de 01/05/2015 até o dia 01/10/2015, o total precipitado foi de 134,8 mm (Tabela 3). Para esses mesmos meses na região de Rio Branco/AC a média histórica da precipitação é de 477 mm (DUARTE, 2006). Diante dessas informações, verifica-se que precipitou apenas 35% do total esperado para esses meses e, portanto, o experimento foi conduzido em condições de pouca precipitação natural evidenciando assim um rigoroso “verão amazônico” como conhecido na região.

Os parâmetros obtidos ao final do período irrigado são apresentados na Tabela 4. Na medida em que os valores das tensões foram aumentando menor foi a frequência de irrigação, contudo as lâminas aplicadas em cada evento foram crescentes, porém o montante total também foi decrescente, conforme a Tabela 3.

Tabela 4. Parâmetros do manejo da irrigação obtidos para as tensões da água no solo estabelecidas, irrigando por gotejamento. Embrapa/Acre, Rio Branco – AC, 2015.

Tensão (kPa)	Número de irrigações	Intervalo médio entre irrigações (dias)	Lâmina média aplicada (mm)	Tempo médio de irrigação (minutos)
20	66	2	9,28	19
40	41	3	16,54	32
60	31	4	19,24	36
100	13	9	22,26	41

6.3 Registros das tensões da água no solo

Os registros médios diários para os tratamentos avaliados são apresentados na Figura 18 e 19. As Figuras 18A e 18B e 19A representam as tensões de água no solo medidas a partir dos tensiômetros de punção para a tensão limite de 20, 40, 60 kPa, respectivamente, enquanto a Figura 19B mostram os registros das tensões da água no solo obtidas pelo sensor.

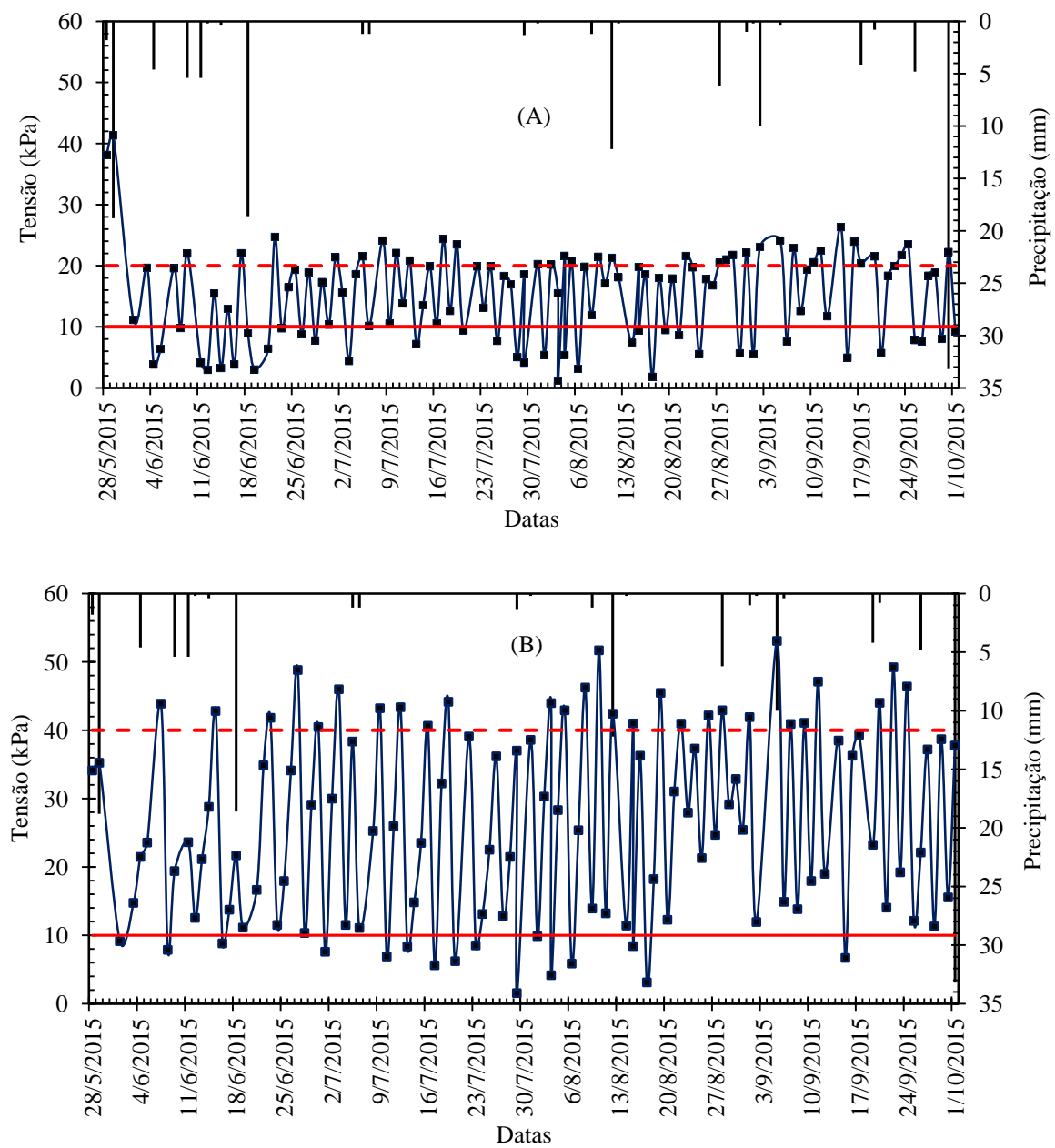


Figura 18. Variação dos registros médios diários de tensão da água no solo pelos tensiômetros de punção 20 kPa (A) e 40 kPa (B). Marcadores na linha azul correspondem aos registros médios diários. A linha na cor vermelha pontilhada indica a tensão limite para acionar o sistema de irrigação e a linha vermelha contínua na parte inferior indica a tensão correspondente à capacidade de campo adotada (10 kPa). As barras em preto na vertical correspondem às precipitações diárias registradas.

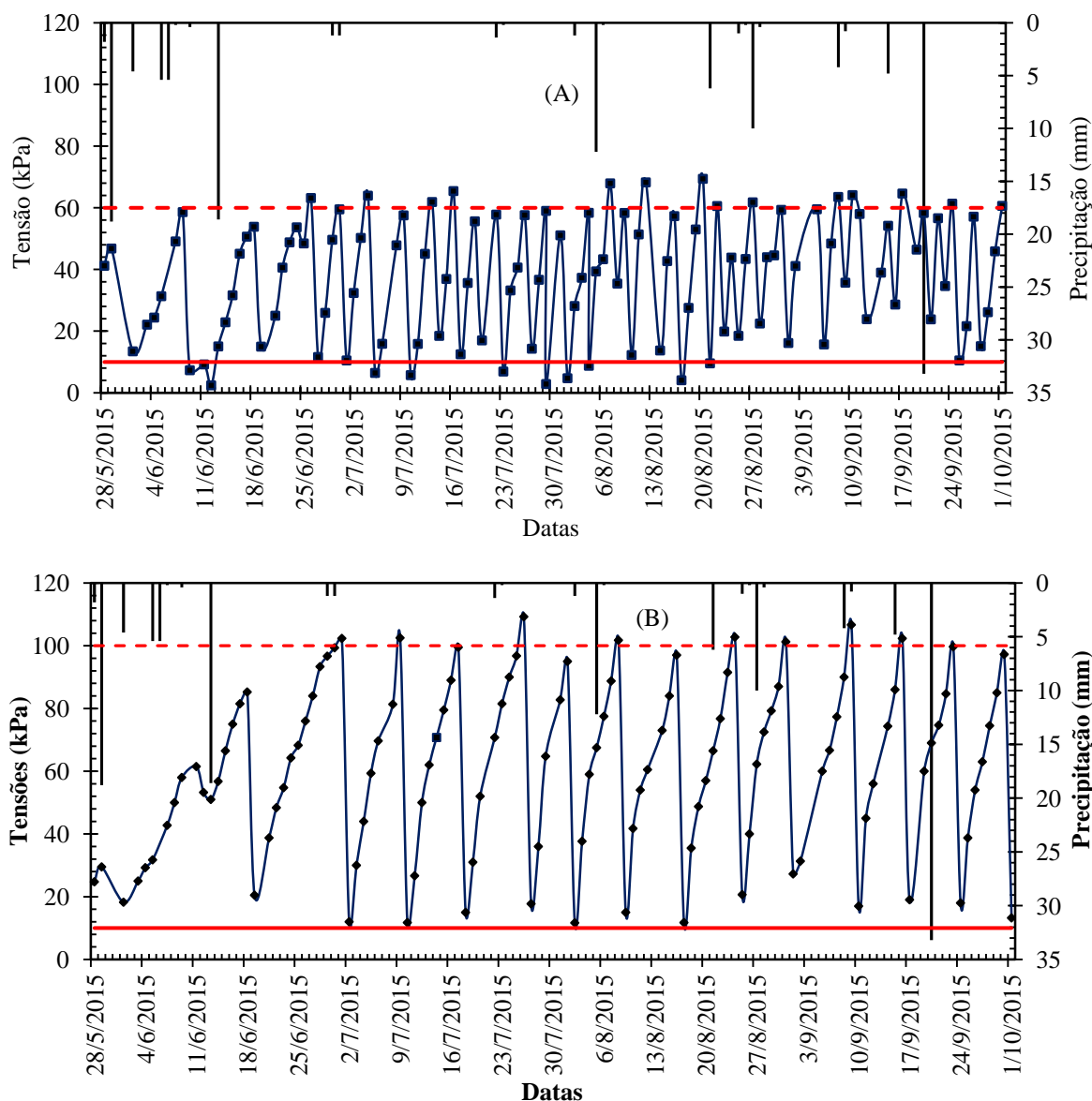


Figura 19. Variação dos registros médios diários obtidos pelo tensiômetros de punção, 60 kPa (A) e do sensor para a tensão de 100 kPa (B). Marcadores na linha azul correspondem aos registros médios diários. A linha na vermelha pontilhada indica a tensão limite para acionar o sistema de irrigação e a linha vermelha contínua na parte inferior indica à tensão correspondente a capacidade de campo adotada (10 kPa). As barras na vertical correspondem às precipitações efetivas registradas.

6.4 Altura e diâmetro da copa

A altura da planta (AP) e o diâmetro da copa (DC) médio das plantas de *P. aduncum* em função dos tratamentos avaliados foram medidas em intervalos de 30 dias. Mesmo tendo o cuidado de selecionar previamente as mudas com alturas equivalentes, antes mesmo de serem submetidas aos diferentes tratamentos, a partir do dia

25/05/2015, foi possível identificar no campo, durante a primeira medição, que as plantas apresentavam alturas diferenciadas (Figura 20).

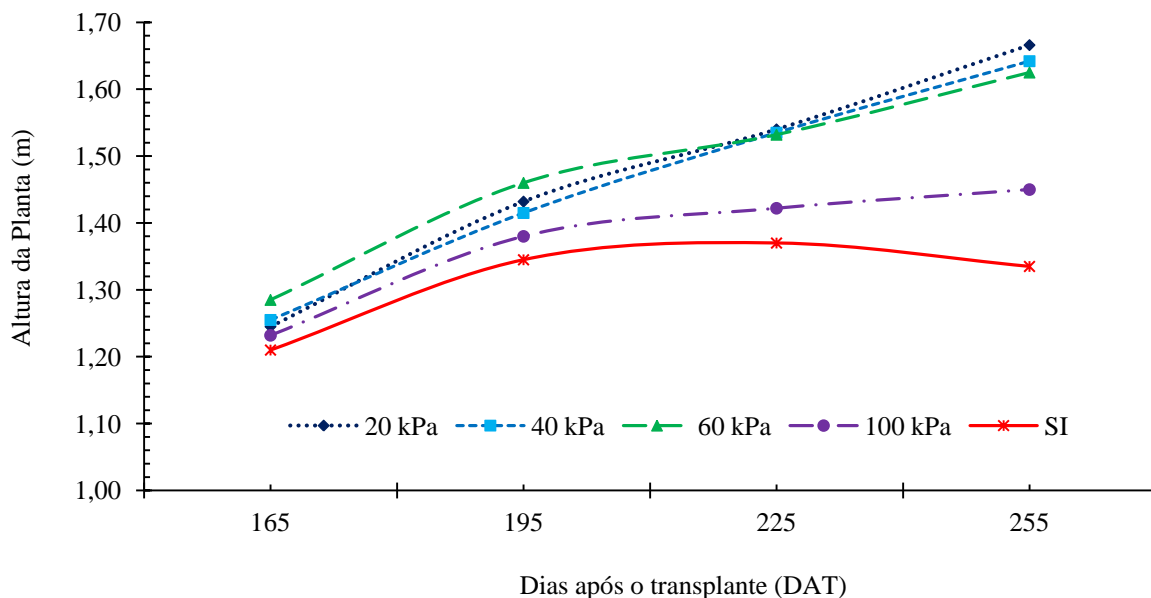


Figura 20. Altura das plantas de *P. aduncum* durante o período irrigado após o transplante medido em intervalos de 30 dias. Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015.

É possível verificar ainda que ao término das irrigações, plantas maiores correspondiam àquelas cultivadas com menor esgotamento de água do solo (Figura 20). No decorrer da condução do experimento e conseqüentemente à reposição hídrica para cada tratamento, as plantas correspondentes a tensão de 20 kPa ultrapassaram todas as demais na altura; esse fato demonstra o efeito da irrigação, mantendo o solo próximo a capacidade de campo e irrigações mais frequentes, obtêm-se plantas de maior porte. 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 (Figura 20) em 90 dias de controle. 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⁻¹, respectivamente. No tratamento sem irrigação as plantas pararam de crescer a partir de 30 dias sem irrigação, mantendo-se assim até a suspensão da irrigação nos demais tratamentos.

Em experimento conduzido na região de Manaus/AM, plantas de *P. aduncum* cultivadas no espaçamento de 1,5 x 1,5 m e transplantadas também no mês de dezembro do ano de 2006 apresentavam alturas médias de 1,22 m, quando foi efetuado o seu primeiro corte, após seis meses de transplantadas (junho) e segundo o autor, as plantas

estudadas receberam irrigação ainda no mês de dezembro e nos meses seguintes, janeiro e fevereiro (SILVA, 2009). O autor informa ainda que foram realizadas algumas irrigações manuais ao longo do período de estiagem. Ou seja, não foi estabelecido nenhum parâmetro para definir quando e quanto irrigar a cultura.

Aos 195 DAT, cerca de 6,5 meses (Figura 20) as plantas já apresentavam alturas médias equivalentes a 1,43; 1,41; 1,46, 1,38 e 1,34 m para as tensões de 20; 40; 60; 100 kPa e SI, bem superior a altura das plantas pesquisadas por Silva (2009) na região de Manaus/AM.

De acordo com a análise de variância (Anexo 1) houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para a variável AP somente aos 255 dias após o transplante (DAT), ou seja, na última medição. Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram detectadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Figura 21). Dessa forma é possível constatar o efeito dos tratamentos irrigados e sem irrigação sobre a AP até a realização do primeiro corte.

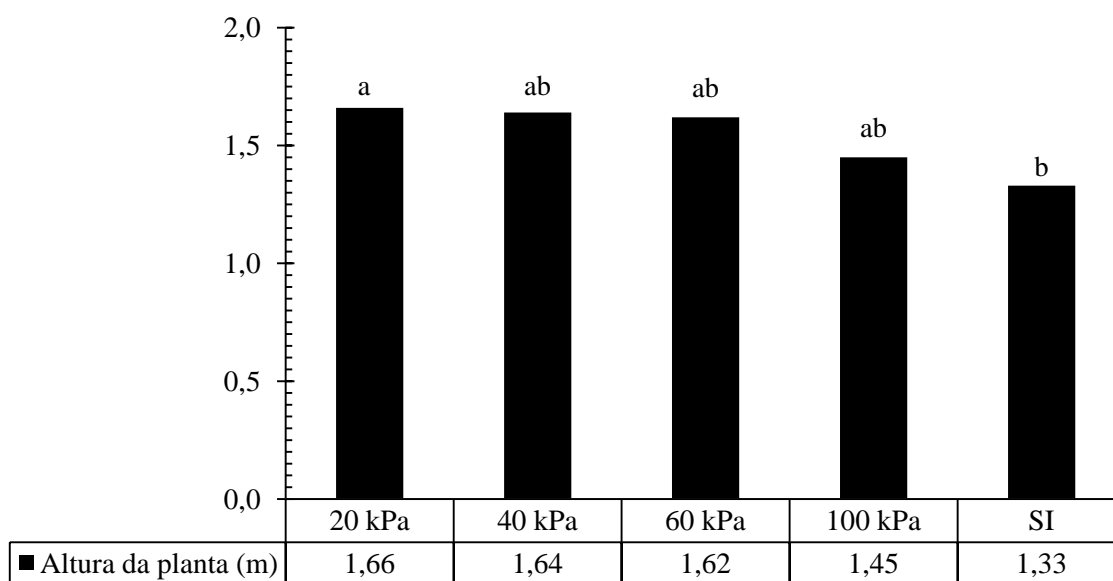


Figura 21. Alturas das plantas (m), em função dos tratamentos avaliados (20; 40; 60; 100 kPa e sem irrigação – SI) aos 255 dias (8,5 meses) após o transplante. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na região de Morretes/PR, o cultivo da *P. aduncum* procedente do Estado do Acre (Embrapa Acre) cultivada sem irrigação no espaçamento de 1,0 x 1,0 m, aos 9 meses após o transplante, apresentou altura média de 1,55 m (BERGO, 2010). Pelos dados apresentados (Figura 21) verifica-se que aos 8,5 meses (255 DAT) a *P. aduncum* quando irrigada no intervalo de tensão de água no solo entre 20 e 60 kPa apresentaram

alturas médias superiores a altura obtida por BERGO (2010). Cabe ressaltar que os experimentos aqui discutidos foram conduzidos em localizações geográficas e climáticas distintas, bem como o espaçamento adotado no experimento.

Quando a *P. aduncum* é cultivada na região de Paraipaba/CE é possível aos nove meses após o transplante obter plantas com altura de 0,92 m e diâmetro de copa de 0,83 m, porém, os autores não informam se o cultivo foi conduzido com ou sem irrigação (PEREIRA et al., 2012). A “estratégia de sobrevivência” das plantas em habitats caracterizados como estressantes não é a maximização da produtividade, mas sim uma composição equilibrada entre o rendimento e a sobrevivência. As espécies que são especialistas em manter o crescimento em solos pobres e rasos, com tendência a deficiência hídrica, crescem vagorosamente e frequentemente apresentam um pequeno porte (LARCHER, 2006).

6.5 Produtividade de massa fresca total

Ao avaliar a produtividade de massa fresca total (MFTOTAL), o teste F, a 5% de probabilidade indicou que os tratamentos interferiram significativamente nesta variável (Anexo 2). Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram detectadas pelo teste de Tukey a 5% (Figura 22), sendo possível notar que não houve diferença estatística entre as tensões da água no solo de 20 a 60 kPa.

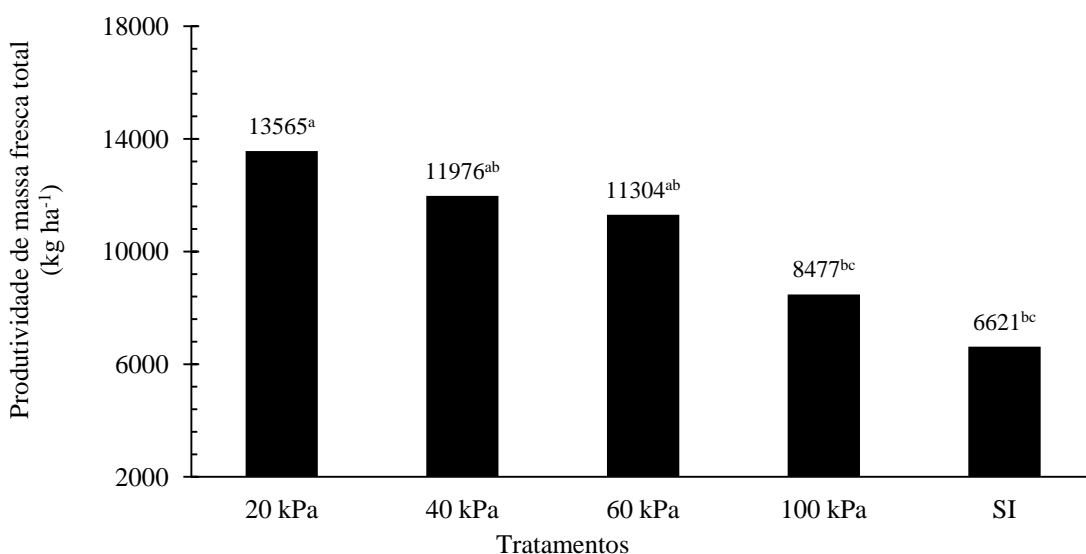


Figura 22. Médias dos tratamentos referentes à produtividade de massa fresca total da *P. aduncum* (kg ha⁻¹), Embrapa Acre, Rio Branco/Acre, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para Marouelli et al. (2011), no intervalo de tensão da água no solo entre 40 a 70 kPa, a interpretação é que o solo se encontra com disponibilidade hídrica limitada e excelente aeração, assim, sendo indicada para a irrigação de culturas com tolerância moderada ao déficit de água. Nesse sentido, pode-se inferir que a tensão da água no solo até o valor de 60 kPa seria o limite máximo de iniciar a irrigação, sem que a produtividade da MFTOTAL seja prejudicada.

Iniciando a irrigação na *P. aduncum* em 20 kPa a produção de MFTOTAL foi duas vezes maior em relação ao tratamento sem irrigação (SI). Porém, a determinação da MFTOTAL não reflete o efeito de cada tratamento quando o objetivo proposto é a produção do óleo essencial, isso porque este se concentra nas folhas e ramos finos necessitando assim subtrair da MFTOTAL a produtividade da massa fresca do caule (MFCAULE), que é um material descartado (BERGO, 2010).

A produtividade de MFTOTAL obtida de 6621,5 kg ha⁻¹ para o tratamento SI (Figura 22) foi superior em 371,5 kg ha⁻¹ em relação à produtividade média obtida de 6250 kg ha⁻¹ da *P. aduncum*, procedente da Embrapa Acre aos nove meses após o transplante na região de Morretes/PR (BERGO, 2010).

Quando se analisa a produtividade da *P. aduncum* em condições irrigadas as diferenças são expressivas. No presente experimento, a produtividade média da MFTOTAL foi de 13565,5 kg ha⁻¹ aos 255 DAT (8,5 meses) para a tensão da água no solo de 20 kPa. Na região de Morretes/PR produtividade semelhante é obtida apenas aos 12 meses após o transplante, sem irrigação no espaçamento de 1,0 x 1,0 m (BERGO, 2010) e no Estado do Ceará, a produtividade da *P. aduncum* foi de 1130 kg ha⁻¹ sem irrigação aos 9 meses e de 2680 kg ha⁻¹ um ano após o transplante (PEREIRA et al., 2012).

6.6 Produtividade de massa fresca de folhas e ramos finos

Ao avaliar a produtividade de massa fresca de folhas e ramos finos (MFFRF), foi sinalizado pelo teste F, a 5% de probabilidade, que os diferentes tratamentos interferiram significativamente a MFFRF (Anexo 3). Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram detectadas pelo teste de Tukey a 5% (Figura 23).

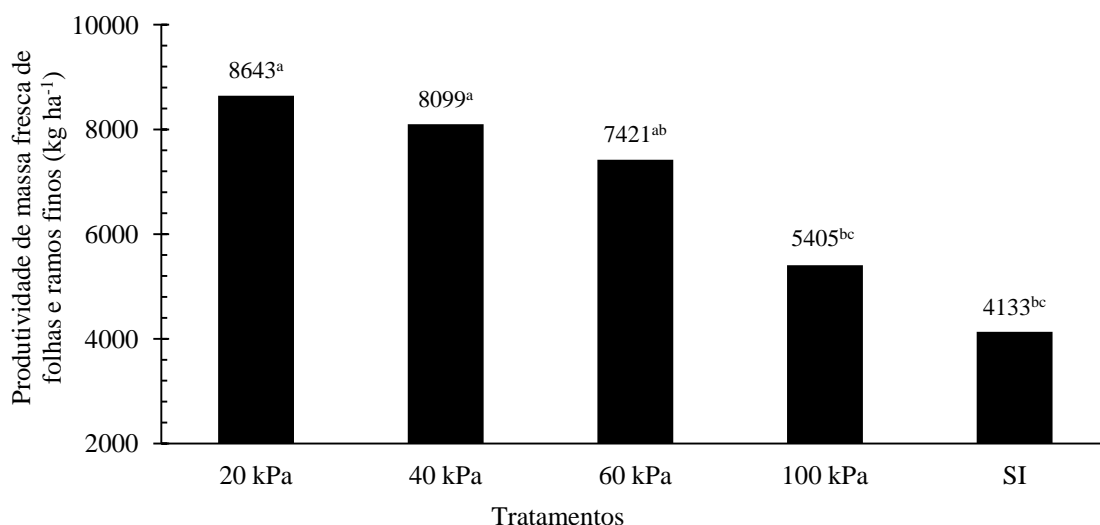


Figura 23. Médias dos tratamentos referentes à produtividade de massa de folhas e ramos finos de *P. aduncum* (kg ha⁻¹), Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A baixa produtividade MFFRF do tratamento SI em relação aos demais tratamentos irrigados, ficou explícita nos resultados obtidos (Figura 23). Como a variável MFFRF é essencial para obtenção do óleo essencial, a *P. aduncum* em condições irrigadas quando a tensão atingiu o valor de 20 kPa, proporcionou maior produtividade de MFFRF embora não diferindo estatisticamente dos tratamentos 40 e 60 kPa. Do mesmo modo que a MFTOTAL, a MFFRF não apresenta diferença estatística até a tensão da água no solo de 60 kPa.

A diferença de produtividade da *P. aduncum* 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⁻¹ (-6%); 1222 kg ha⁻¹ (-14%); 3238 kg ha⁻¹ (-37%) e 4510 kg ha⁻¹ (-52%), respectivamente.

Na região de Morretes/PR a produtividade média de MFFRF da *P. aduncum*, procedente da Embrapa/Acre foi de 3417 kg ha⁻¹ e 8479 kg ha⁻¹ aos 9 e 18 meses após o transplante, no espaçamento de 1,0 x 1,0 m, sem irrigação (BERGO, 2010).

6.7 Produtividade de massa fresca do caule (MFCAULE)

Ocorreu diferença significativa pelo teste F a 5% de probabilidade para a variável massa fresca do caule (MFCAULE) pela análise de variância (Anexo 4),

porém no teste de Tukey não foram detectadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos (Figura 24).

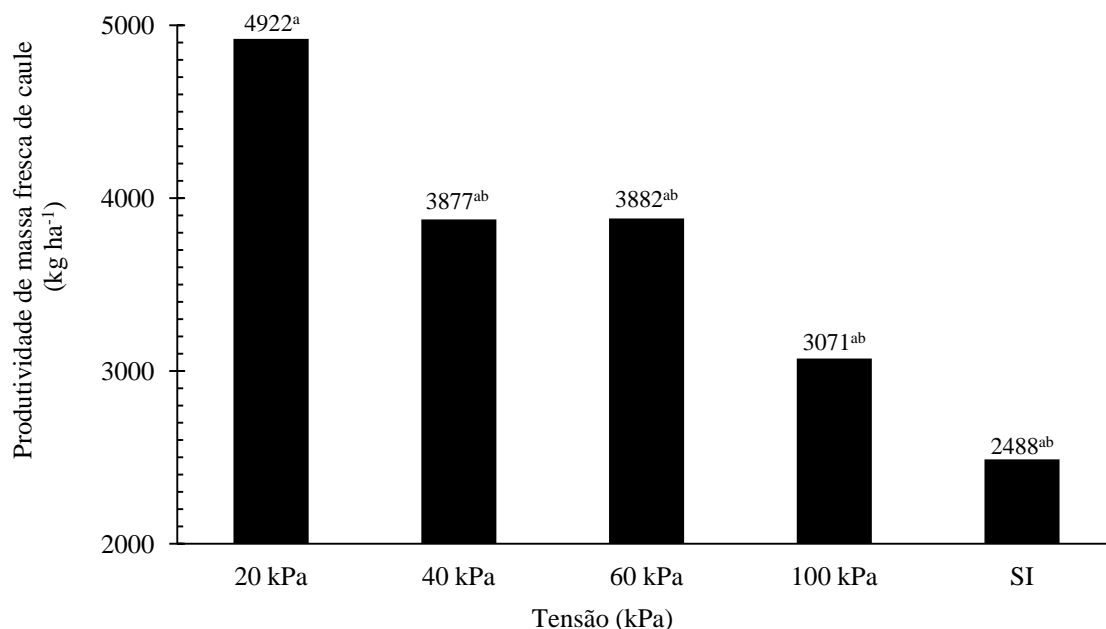


Figura 24. Médias dos tratamentos referentes à produtividade de massa fresca de caule da *P. aduncum* (kg ha⁻¹), Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ocorreu uma variação média na produtividade da MFCAULE entre os tratamentos 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 na época do primeiro corte das plantas. É possível visualizar o volume de folhas nos tratamentos estudados (Figura 25). No tratamento SI (Figura 25E) é possível identificar a reduzida quantidade de folhas no dia 20/09/2015, vinte dias antes do primeiro corte das plantas.

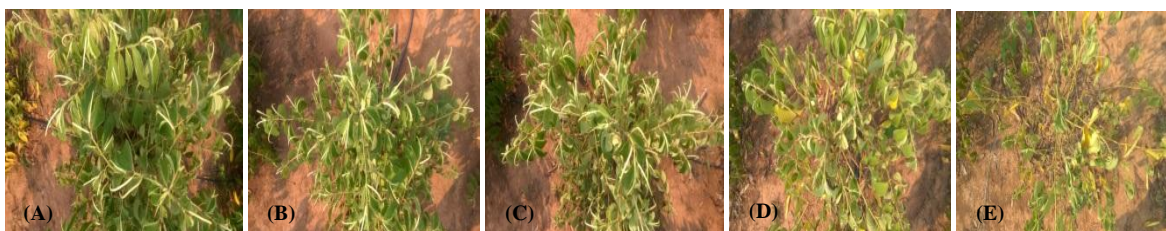


Figura 25. Vista superior das plantas de *P. aduncum* no dia 20/09/2015. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015. (A) 20 kPa; (B) 40 kPa; (C) 60 kPa; (D) 100 kPa e (E) sem irrigação – SI. Fonte: Leonardo Paula de Souza.

A redução da área foliar pode ser considerada a primeira linha de defesa das plantas contra o déficit hídrico. Com a diminuição do conteúdo de água na planta, ocorre a diminuição do turgor das células, provocando uma lentidão na expansão foliar (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Durante a condução do experimento, observou-se na área experimental que em meados do mês de julho/2015 as folhas das plantas referentes aos tratamentos de 100 kPa e SI começaram a se soltar da planta, sendo o mês de agosto/2015 o período mais crítico dessa situação, principalmente no tratamento SI. Essa condição permaneceu até o final do mês de setembro/2015 quando aconteceram algumas chuvas na área experimental surgindo assim nova brotação e o desenvolvimento das folhas também. Para os tratamentos 20; 40 e 60 kPa a condição foi diferente, nesses tratamentos o que se observou durante o período irrigado foi brotação constante e vigorosa além da constante produção de espiguetas (inflorescência).

6.8 Produtividade de massa seca de folhas e ramos finos

Houve diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos em relação à produtividade de massa seca de folhas e ramos finos MSFRF (Anexo 5). Esse parâmetro avaliado é fundamental, uma vez que dessa última variável obtida no campo é extraído o óleo essencial da *P. aduncum*. De acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, verifica-se (Figura 26) 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.

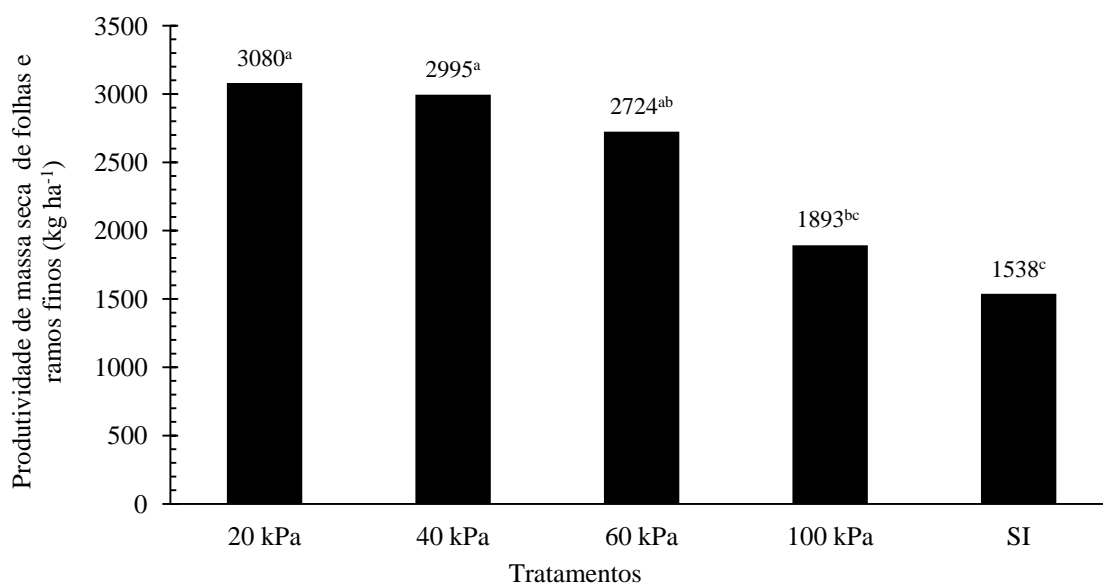


Figura 26. Médias dos tratamentos referentes à produtividade de massa seca de folhas e ramos finos da *P. aduncum* (kg ha⁻¹), Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 9 e 18 meses após o transplante a produtividade média de MSFRF foi de 731 e 1894 kg ha⁻¹ na região de Morretes/PR, sem irrigação (BERGO, 2010). A produtividade média de MSFRF obtida por BERGO (2010) aos 18 meses (1894 kg ha⁻¹), praticamente a mesma produtividade foi obtida no experimento em questão para o tratamento de 100 kPa (1893 kg ha⁻¹) aos 10 meses (Figura 26).

6.9 Rendimento de óleo essencial

A análise de variância em relação ao rendimento de óleo essencial (ROE) mostrou que os tratamentos diferiram significativamente (Anexo 6). Conforme o teste de Tukey a 5% (Figura 27), o ROE extraído da MSFRF foi superior das plantas irrigadas em relação às aquelas não irrigadas.

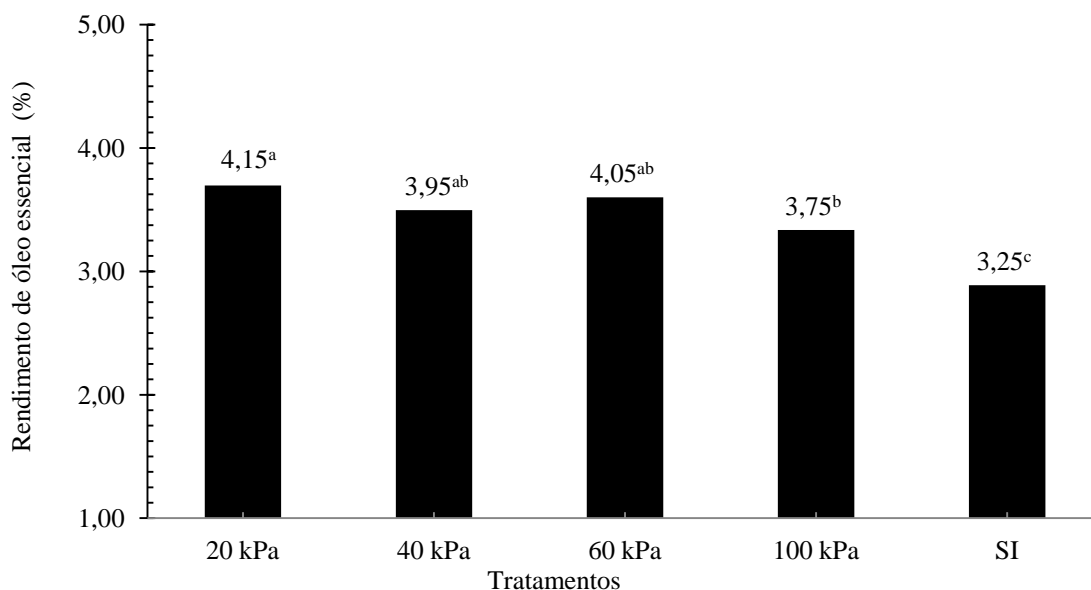


Figura 27. Médias dos tratamentos referentes ao rendimento de óleo essencial de *P. aduncum* (%). Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.10 Produtividade de óleo essencial

Ao avaliar a produtividade de óleo essencial (POE em $L\ ha^{-1}$) foi sinalizado pelo teste F, a 5% de probabilidade, que os diferentes tratamentos interferiram significativamente na POE (Anexo 7). Diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foram detectadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Figura 28). A POE para o tratamento SI pode refletir a produtividade média a ser alcançada pelos agricultores que cultivam a *P. aduncum*, sem a adoção de um sistema e manejo da irrigação adequado, dependendo unicamente da precipitação local.

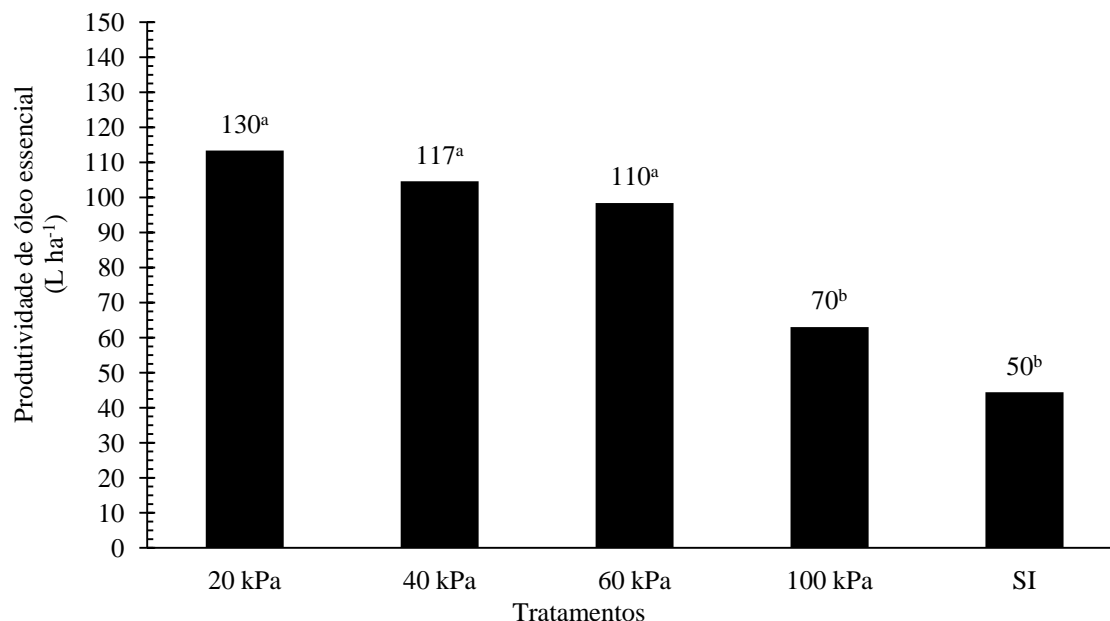


Figura 28. Médias dos tratamentos referentes à produtividade de óleo essencial da *P. aduncum* (kg ha⁻¹). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015.

A estimativa da POE apresentou resultados animadores. Quando irrigada na tensão de 20 kPa, obteve-se a maior produtividade na ordem de 130 L ha⁻¹ de óleo essencial em relação ao tratamento SI (50 L ha⁻¹), ou seja, uma diferença de 80 L ha⁻¹ (-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 óleo essencial da *P. aduncum*, sem irrigação aos 9 meses foi de 27 L ha⁻¹ e de 85 L ha⁻¹ aos 18 meses após o transplante (BERGO, 2010).

Observa-se (Figura 28) que houve uma redução acentuada de POE a partir da tensão de 60 kPa. Na faixa de tensão acima de 60 kPa, as condições são de baixa disponibilidade de água e boa aeração, sendo indicadas apenas a culturas altamente tolerantes ao déficit de água no solo (MAROUELLI, 2008). No presente estudo, as plantas conseguiram resistir ao esgotamento de água no solo, porém, suas produtividades médias foram afetadas na medida em que o esgotamento de água no solo foi aumentando.

6.11 Teor de dilapiol no óleo essencial

Foi verificado pelo teste F, a 5% de probabilidade, que os diferentes tratamentos apresentaram diferenças significativas no teor de dilapiol no óleo

essencial (TDOE), (Anexo 8). Porém, as médias dos tratamentos não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para essa variável (Figura 29).

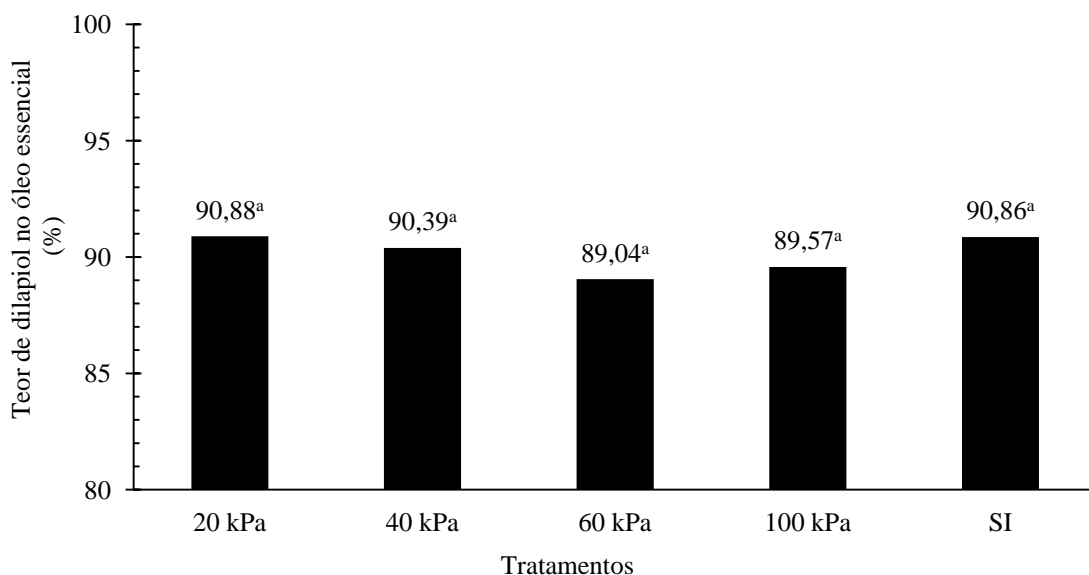


Figura 29. Médias dos tratamentos referentes ao teor de dilapiol no óleo essencial da *P. aduncum* (%). Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O TDOE médio entre os tratamentos estudados foi de 90,15% (Figura 29), a variação média do TDOE entre os tratamentos foi de 1,84%. Esse resultado demonstra que a planta, mesmo em condições adversas de disponibilidade hídrica no solo mantém o TDOE, indicando ser uma característica específica da planta.

6.12 Efeito das tensões da água no solo sobre as variáveis pelo uso da regressão

Após a comparação entre os tratamentos irrigados versus os não irrigados, avaliou-se, na sequência, apenas o efeito das tensões da água no solo sobre as variáveis MFTOTAL, MFFRF, MFCAULE, MSFRF, POE e ROE pelo uso de regressão (Anexos 9, 10, 11, 12, 13 e 14).

A análise de regressão permitiu verificar diferenças significativas das tensões da água no solo (kPa) somente em relação às variáveis MFTOTAL e MSFRF, podendo ser vistos os resultados na Figura 30. O modelo matemático ajustado para essas variáveis foi o linear para o intervalo de tensão de 20 a 100 kPa.

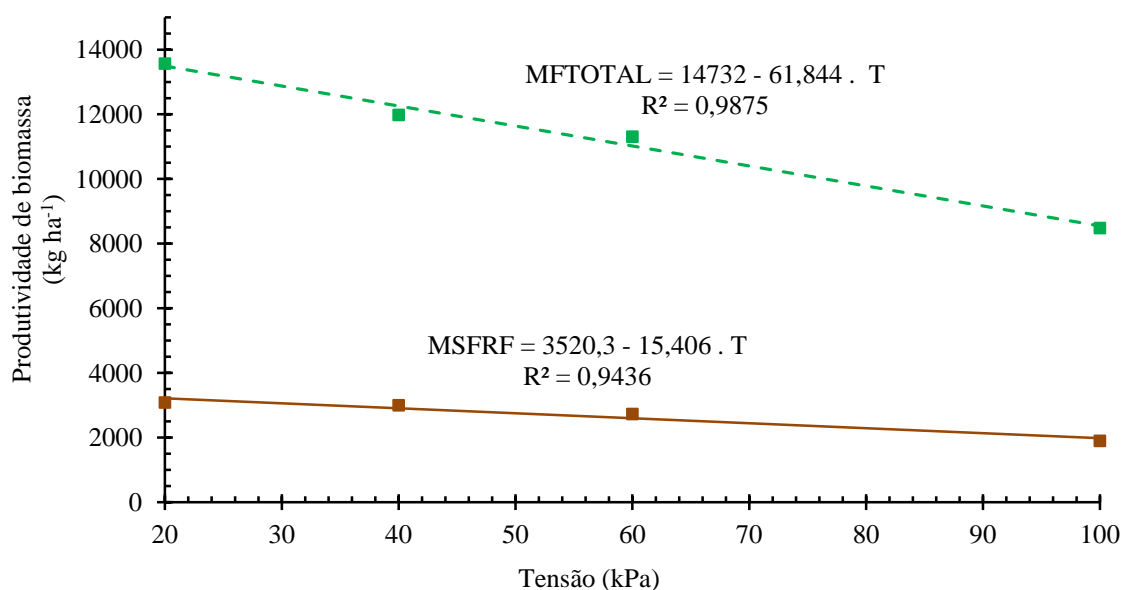


Figura 30. Efeito das tensões da água no solo na produtividade média da massa fresca total e massa seca de folhas e ramos finos em (kg ha^{-1}) da *P. aduncum*, Embrapa Acre, Rio Branco/AC, 2015. A linha pontilhada representa a produtividade média da massa fresca total, a linha contínua representa a produtividade média da massa seca de folhas e ramos finos.

As variáveis MFTOTAL e MSFRF reduziram linearmente em função do aumento da tensão da água no solo. A redução média da MFTOTAL e MSFRF correspondeu a $61,84 \text{ kg ha}^{-1}$ e $15,40 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente, para cada acréscimo unitário da tensão da água no solo.

6.13 Desenvolvimento vegetativo e produtivo da *P. aduncum* referente a rebrota (segundo corte)

Características do desenvolvimento da rebrota seis meses após o primeiro corte pode ser observado na Figura 31. Durante o desenvolvimento da rebrota, a disponibilidade hídrica no solo foi mantida unicamente pela precipitação pluviométrica e é possível observar a capacidade de regeneração da cultura após o primeiro corte. A questão avaliada foi o desenvolvimento vegetativo e produtivo da rebrota da cultura durante o período chuvoso, após ter sido submetida a um período irrigado em diferentes condições de tensão da água no solo, no período seco.



Figura 31. Época do primeiro corte da parte aérea vegetativa da *P. aduncum* na altura de 40 cm em relação à superfície do solo realizado no dia 10/10/2015 (A). Rebrotas aos 12 dias (B). Rebrotas aos 43 dias após (C). Rebrotas aos 54 dias (D). Situação da rebrota no dia do segundo corte (14/04/2016) (E e F). Fonte: Leonardo Paula de Souza.

Durante o período de regeneração da cultura (rebrota), foi possível identificar visualmente uma quantidade maior de folhas e ramos em relação às plantas avaliadas no primeiro corte. O desenvolvimento da rebrota durante o período chuvoso foi expressivo e foi possível visualizar a quantidade de biomassa produzida após seis meses de regeneração.

6.14 Condições climáticas registradas durante o desenvolvimento da rebrota

As condições climáticas durante o desenvolvimento da rebrota da área experimental continuaram sendo registradas na estação meteorológica automática da Embrapa Acre (Figura 3) e os resultados médios mensais são apresentados na Figura 32. Aos 185 dias após o primeiro corte (6 meses), no dia 14/04/2016 foi realizado o segundo corte da parte aérea da cultura para quantificação da biomassa produzida e consequentemente a extração do óleo essencial.

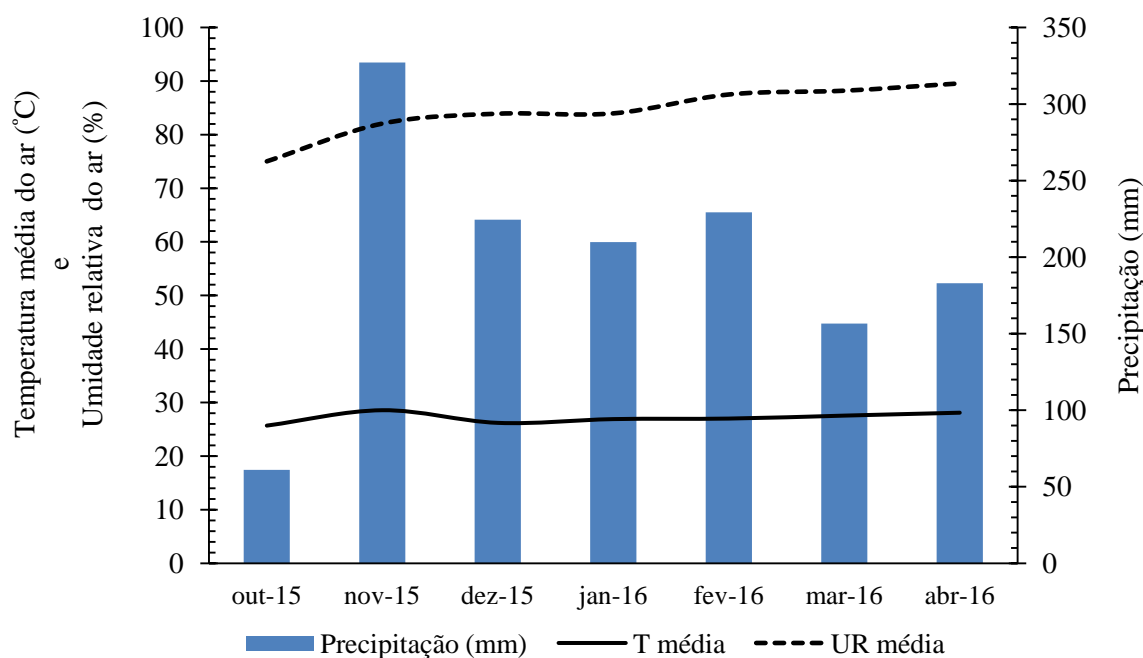


Figura 32. Registros médios mensais da precipitação pluviométrica, temperatura média do ar ($T_{média}$) e umidade relativa média do ar ($UR_{média}$) na área experimental, durante o período chuvoso na região. Embrapa Acre, Rio Branco-AC, outubro de 2015 a abril de 2016.

Durante o desenvolvimento da rebrota, a precipitação total foi de 1391,20 mm, a temperatura média do ar foi esteve em 27,14°C e a umidade relativa do ar média de 84,32%. As precipitações mensais variaram entre 156,6 a 327,1 mm, situação bem diferente do período em que as plantas foram irrigadas, naquele período a precipitação total foi de 134,80 mm distribuída entre os meses de maio a outubro de 2015.

O total precipitado desde a diferenciação dos tratamentos até a realização do segundo corte (rebrota) foi de 1526 mm. A umidade relativa do ar média manteve-se praticamente nas mesmas condições do período irrigado (84,68%). A temperatura média do ar no período chuvoso esteve em média 1,47°C acima do período em que as plantas foram irrigadas, no período seco.

6.15 Desenvolvimento vegetativo e produtividade da rebrota

No dia 14/04/2016 antes da realização do segundo corte, mediu-se a AP e DC da rebrota das plantas. A análise de variância (Anexo 15 e 16) indicou que não houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para as variáveis AP e DC da rebrota.

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.

Os resultados de produtividade da MFTOTAL, MFFRF, MFCAULE, MSFRF, ROE, POE e TDOE da rebrota das plantas são apresentados na Tabela 5. Foi sinalizado pelo teste F, a 5% de probabilidade que as tensões da água no solo, no período seco, influenciaram significativamente as características produtivas (MFFRF, MFCAULE, MSFRF e POE) da rebrota da *P. aduncum*, no período chuvoso (Anexos 17 a 22), 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 óleo essencial, 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 5. Produtividade de massa fresca total (MFTOTAL), massa fresca de folhas e ramos finos (MFFRF), massa fresca do caule (MFCAULE) e massa seca de folhas e ramos finos (MSFRF), rendimento de óleo essencial (ROE), produtividade de óleo essencial (POE) e teor de dilapiol no óleo essencial (TDOE) da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após o primeiro corte. Embrapa Acre, Rio Branco/Acre, abril de 2016.

Rebrota dos tratamentos	MFTOTAL	MFCAULE	MFFRF	MSFRF	ROE	POE	TDOE
	Rebrota (kg ha ⁻¹)				(%)	(L ha ⁻¹)	(%)
20 kPa	29511 ^{ns}	12855 ^a	16655 ^a	4596 ^a	4,20 ^{ns}	193 ^a	90,15 ^{ns}
40 kPa	27850 ^{ns}	14200 ^a	13650 ^a	3856 ^a	4,00 ^{ns}	154 ^a	90,11 ^{ns}
60 kPa	26500 ^{ns}	12055 ^a	14444 ^a	4175 ^a	4,00 ^{ns}	167 ^a	88,99 ^{ns}
100 kPa	25522 ^{ns}	10966 ^a	14555 ^a	4091 ^a	3,95 ^{ns}	161 ^a	89,64 ^{ns}
SI	28572 ^{ns}	20800 ^b	7772 ^b	2230 ^b	3,70 ^{ns}	82 ^b	91,53 ^{ns}
CV (%)	12,51	14,84	18,78	18,16	8,73	17,85	1,19

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação (CV). ^{ns} - não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

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 primeiro 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, na POE.

Embora estatisticamente o teste F a 5% de probabilidade não tenha indicado significância para a variável TDOE da rebrota, verifica-se que a rebrota no período chuvoso proporcionou uma variação no TDOE de 27,22% e um percentual médio entre os tratamentos de 81,09%. Situação bem diferente do período seco e quando irrigadas, naquela situação o TDOE médio foi de 90,15% e a variação média entre os tratamentos de 1,84%. Essa situação demonstra que a rebrota da cultura no período chuvoso após ter sido irrigada na faixa de tensão da água no solo entre 20 a 60 kPa no período seco, proporciona praticamente o mesmo padrão do TDOE (89,75%) na rebrota no período chuvoso, enquanto que a rebrota referente ao tratamento de 100 kPa e SI no período seco, proporcionou um TDOE médio de 68,1%, no período chuvoso.

A produtividade total obtida aos 17 meses de cultivo com a realização de dois cortes da parte aérea da *P. aduncum* é apresentada na Tabela 6. Os resultados demonstram claramente o efeito das tensões da água no solo no aumento de produtividade da cultura em relação ao tratamento SI + Rebrota.

Tabela 6. Produtividade de 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) e produtividade de óleo essencial da *P. aduncum*, considerando a soma do primeiro e segundo corte, no período de 17 meses de cultivo. Embrapa/Acre, Rio Branco/AC, abril de 2016.

Tensão + Rebrotas	MFTOTAL	MFCAULE	MFFRF	MSFRF	POE
	kg ha ⁻¹				(L ha ⁻¹)
20 + Rebrotas	43076 ^{ns}	17777 ^{ab}	25298 ^a	7677 ^a	323 ^a
40 + Rebrotas	39826 ^{ns}	18077 ^{ab}	21749 ^a	6851 ^a	271 ^{ab}
60 + Rebrotas	37804 ^{ns}	15938 ^a	21710 ^a	6857 ^a	277 ^{ab}
100 + Rebrotas	33999 ^{ns}	14038 ^a	19960 ^a	5984 ^{ab}	231 ^b
SI + Rebrotas	35193 ^{ns}	23288 ^b	11905 ^b	3768 ^b	132 ^c
CV(%)	12,52	15,26	15,61	16,02	14,74

Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação (CV). ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Sendo assim, a produtividade de óleo essencial 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 produção de óleo essencial com alto teor de dilapiol, 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 sem irrigação.

Aos 17 meses de cultivo e realizando dois cortes na planta, a diferença de produtividade a mais estimada em relação ao cultivo não irrigado foi de 190 L ha⁻¹ (20 kPa + rebrota); 139 L ha⁻¹ (40 kPa + rebrota); 142 L ha⁻¹ (60 kPa + rebrota) e 100 L ha⁻¹ (100 kPa + rebrota). Quando cultivada sem irrigação, foi possível obter 132 L ha⁻¹ de óleo essencial 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.

Aos 18 meses na região de Morretes/PR e com dois cortes e sem irrigação foi estimado em 83 L ha⁻¹ de óleo essencial e percentual médio de dilapiol de 80% (BERGO, 2010). A presente pesquisa demonstra que mesmo sem irrigação, a produtividade (L ha⁻¹) da *P. aduncum* na região de Rio Branco é superior em relação ao cultivo da cultura na região de Morretes/PR e quando irrigada na região de Rio Branco/AC, a produtividade final obtida aos 17 meses com a realização de dois cortes é ainda mais expressiva.

7. CONCLUSÕES

Considerando as condições em que o experimento foi desenvolvido e dos resultados obtidos para a cultura da *Piper aduncum* L, pode-se concluir que:

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

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

3 - A faixa de tensão da água no solo para definir o momento de iniciar a irrigação na cultura é de 20 a 60 kPa.

4 - A umidade da água no solo no período seco do ano influencia positivamente 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.

5 - A *Piper aduncum* apresenta tolerância moderada ao déficit hídrico.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE, Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II:** documento Síntese – Escala 1:250.000. Rio Branco: SEMA, 2006. 356p.

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

ANDRADE, E.H. de A.; GUIMARÃES, E.F.; MAIA, J.G.S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de Piper da Amazônia**. Belém: FEQ/UFPA, 2009.

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, 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**. 139p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. atual. ampl. Viçosa. UFV, 2006. 625 p.

BILIBIO, C. Manejo da irrigação na cultura da canola (*Brassica napus*). 2010. 138 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

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, n.7, p.730-735, 2010.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa, MG. Ed. UFV, 240p. 2012.

CAVALCANTE, M. J. B. **Cultivo da Pimenta Longa (*Piper hispidinervum*) na Amazônia Ocidental**. Rio Branco, AC: Embrapa-CPAF/AC, 2002. 29p. (Embrapa-CAPAF/AC. Sistemas de Produção, 1).

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÁBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G. C. Uniformidade de distribuição de água em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v.27, n.50, p.155-162, 1980.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidade hídrica das culturas**. Campina Grande, UFPB, 204p. 1997.

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.

ESTRELA, J.L.V. et al. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus Zea mays*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.217-222, 2006.

FARIAS, M.F.; SAAD, J. C. C.; VILLAS BÔAS, R. L. Manejo da irrigação na cultura do crisântemo em vaso, cultivar Rage, cultivado em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.51-56, jan./abr. 2004.

FAZOLIN, M. et al. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Ceratomyxa tingomarianus* (Coleoptera: 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, AC: Embrapa Acre, 2006. 53p. (Embrapa Acre. Documentos, 103).

FAZOLIN, M. et al. 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. de M.; SANTOS, A.S.; ROCHA NETO, O.G. da. **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. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 33).

FILHO, J. A.; JÚNIOR, R. N. A.; MOTA, J. C. A. **Física do solo: conceito e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008. 290 p.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012. 356 p.

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

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS, 2000.

HERNÁNDEZ, C.R. VENDRAMIM, J.D. **Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae en Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)**. Manejo Integr. Plagas: 14-22. 1996.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212p.

KOETZ, M. **Maracujazeiro-amarelo: cultivo protegido e natural, irrigação e adubação potássica**. 2006. 119 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LARCHER, WALTER. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos RIMA, 2006. 550p.

MACHADO, N.S.O. **Estudo da anatomia foliar de espécies do gênero Piper L. (Piperaceae) no estado do Rio de Janeiro**. 103p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Embrapa - CNPH, Brasília/DF. 2008. 14p. (Embrapa-CNPH. Circular Técnica, 57).

MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F. **Irrigação e Fertirrigação em Fruteiras e Hortaliças**. Brasília, DF: Editora Embrapa, 2011. Cap. 5, p. 159-232.

MARQUES, P. A. A.; FILHO, L. B.; SANTOS, A. C. P. Crescimento, produção de óleo essencial e trocas gasosas em orégano influenciados por diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1888-1892, 2009.

MENDES, A. A. T. **Irrigação: Tecnologia e Produtividade**. Leme/SP: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, 1994. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/alfredo.htm>>. Acesso em: 18 de jun. 2016.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271p.

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. v.2. Piracicaba: FUNEP, 2003. 703 p.

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**. v.56 n.1, p.73-79. 2013.

NETO, O. G. R.; FIGUEIREDO, F. J. C.; VIEGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C.; PLTRONIERI, L. S.; CARVALHO, J. E. U. **Recomendações para o Cultivo da Pimenta**

Longa (*Piper hispidinervium* C.DC.) no Estado do Pará, PA: Embrapa-CPATU/PA, 2005. 11p. (Embrapa-CPATU. Circular Técnica, 39).

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. A.; REZENDE, F. C.; FREITAS, W. A. Viabilidade técnica e econômica da produção de ervilha (*Pisum sativum* L.) cultivada sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.324-333. 2011.

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M. V.; ZOLIN, C. A.; SÁNCHEZ-ROMAN, R. M.; JOSÉ, J. V. Situação da agricultura irrigada no Brasil de acordo com o censo agropecuário 2006. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 163-176, abril-junho, 2011.

PEREIRA, A. B.; SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B.; FLOCK, R. J.; LIMA, L.; FERNANDES, N. **Monitoramento da irrigação por meio da tensão da água no solo**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2006. 20 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L.R. SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PEREIRA, R. C. A.; OLIVEIRA, G. B.; BEZERRA, M. G. A.; RODRIGUEZ, T. H. S. **Produção de Pimenta-Longa (*Piper Aduncum* L. e *Piper Hispidinervium* C. Dc.) no Ceará, CE**, Fortaleza: Embrapa, 2012. 05p. (Embrapa. 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).

PINTO, D. A. **Efeito de lâminas de irrigação sobre as características de crescimento, produção e qualidade de óleo essencial de campim-limão**. 58p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG, 2010.

PRAVUSCHI, P. R.; MARQUES, P. A. A.; RIGOLIN, B. H. M.; SANTOS, A. C. P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 687-693, 2010.

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

SANTOS, H. G. dos. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, A.S.; ALVES, S. de m.; FIGUEIRÊDO, F.J.C.; ROCHA NETO, O.G. da. **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. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 99).

SILVA, A. L. **Produção de biomassa, teor, rendimento e composição química do óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L) em função de espaçamento e épocas de corte, nas condições de Manaus-AM**, 72p. Dissertação de Mestrado. UFAM, 2009.

SILVA, E. S. A. **Respostas ecofisiológicas de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C.DC.) submetida a diferentes condições de manejo no município de Igarapé-Açu, PA.** 2000. 83p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém. 2000.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; SOUZA, C. C. M.; FILHO, J. V. P.; FREITAS, C. A. S. Desempenho de cultivares de girassol sob diferentes lâminas de irrigação no Vale do Curu, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 01, p.57-64, 2011.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SILVA, W. C.; RIBEIRO, J. D.; SOUZA, H. E. M.; CORRÊA, R. S. Efeito inseticida de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) sobre *Aetalion* sp. (Hemiptera: Aetalionidae), praga de importância econômica no Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 293-298, 2007.

SIMÕES, C.M.O., org. **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Porto Alegre: Artmed. 2013. 918p.

TANGUNE, B. F.; PEREIRA, G. M.; SOUSA, R. J.; GATTO, R. F. Produção de brócolis irrigado por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo. **Semina: ciências agrárias**, v. 37, n. 1, p. 7-16. 2016.

VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C.; FRAZÃO, D. A. C.; CONCEIÇÃO, H. E.O. Pimenta Longa: Nutrição, Calagem e Adubação. Belém, PA: Embrapa-CPATU/PA, 2004. 4p. (**Circular Técnica, 34**).

VILLAS BOAS, R. C. Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura da cebola. 2010. 114 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

WINTER, E.G. **A água no solo e a planta.** São Paulo: EPU, 1976. 170p.

ANEXOS

Anexo 1. Resumo da análise de variância da altura (m) da planta *P. aduncum* em função dos tratamentos avaliados aos 255 dias após o transplante. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	0,331270	0,082818	4,088	0,0256*
Blocos	3	0,033460	0,011153	0,551	0,6573 ^{ns}
Resíduo	12	0,243090	0,020258		
Total	19				
CV (%)		9,22			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 2. Resumo da análise de variância da massa fresca total (kg ha⁻¹) da *P. aduncum* em função dos tratamentos avaliados. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	125191165,200	31297791,300	8,544	0,0017*
Blocos	3	7456765,750	2485588,583	0,679	0,5818 ^{ns}
Resíduo	12	43959178,000	3663264,833		
Total	19	176607108,950			
CV (%)		18,42			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 3. Resumo da análise de variância da produtividade da massa fresca de folhas e ramos finos (kg ha⁻¹) da *P. aduncum* em função dos tratamentos avaliados. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	58053281,500	14513320,375	12,049	0,0004*
Blocos	3	4636861,800	1545620,600	1,283	0,3246 ^{ns}
Resíduo	12	14453777,700	1204481,475		
Total	19				
CV (%)		16,28			

em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 4. Resumo da análise de variância da produtividade de massa fresca do caule (kg ha⁻¹) da *P. aduncum* em função dos tratamentos avaliados. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	13628969,700	3407242,425	3,590	0,0380*
Blocos	3	414648,550	138216,183	0,146	0,9306 ^{ns}
Resíduo	12	11389656,700	949138,058		
Total	19	25433274,950			
CV (%)		26,70			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 5. Resumo da análise de variância da produtividade de massa seca de folhas e ramos finos (kg ha⁻¹) da *P. aduncum* em função dos tratamentos avaliados. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	7645866,800	1911466,700	9,098	0,0013*
Blocos	3	819335,600	273111,866	1,300	0,3195 ^{ns}
Resíduo	12	2521228,400	210102,366		
Total	19				
CV (%)		18,72			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 6. Resumo da análise de variância do rendimento de óleo essencial (%) da *P. aduncum* em função de diferentes tensões de água no solo e testemunha. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	2,5010	0,6254	19,714*	0,0000
Blocos	3	0,1192	0,0397	1,253 ^{ns}	0,3342
Resíduo	12	0,3807	0,0317		
Total	19				
CV (%)	4,18				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 7. Resumo da análise de variância da produtividade de óleo essencial (L ha⁻¹) da *P. aduncum* em função dos diferentes tratamentos avaliados. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	21889,700	5472,425	16,562	0,0001*
Blocos	3	1392,150	464,050	1,404	0,2894 ^{ns}
Resíduo	12	3965,100	330,425		
Total	19				
CV (%)	17,16				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 8. Resumo da análise de variância do teor de dilapiol (%) da *P. aduncum* em função dos tratamentos avaliados. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	10,632	2,658	3,273	0,0494*
Blocos	3	1,832	0,610	0,752	0,5420 ^{ns}
Resíduo	12	9,745	0,812		
Total	19				
CV (%)	1,0				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 9. Análise de regressão da produtividade da massa fresca total (kg ha⁻¹) da *P. aduncum* em função das tensões da água no solo. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	F de significação
Regressão	1	13386350,25	13386350,25	158,09	0,006265776*
Resíduo	2	169341,6679	84670,83393		
Total	3	13555691,92			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 10. Análise de regressão da massa fresca de folhas e ramos finos (kg ha⁻¹) da *P. aduncum* em função das tensões da água no solo. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

FV	GL	SQ	QM	Fc	F de significação
Regressão	1	1515,001488	1515,001488	25,6605167	0,124079187 ^{ns}
Resíduo	2	59,04017857	59,04017857		
Total	3	1574,041667			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 11. Análise de regressão da massa fresca de caule (kg ha^{-1}) da *P. aduncum* em função das tensões da água no solo. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

	GL	SQ	QM	Fc	F de significação
Regressão	1	1513668,054	1513668,054	14,29881517	0,063361492 ^{ns}
Resíduo	2	211719,3679	105859,6839		
Total	3	1725387,422			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 12. Análise de regressão da massa seca de folhas e ramos finos (kg ha^{-1}) da *P. aduncum* em função das tensões da água no solo. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

	GL	SQ	QM	Fc	F de significação
Regressão	1	830714,629	830714,629	33,34091547	0,028707886*
Resíduo	2	49831,54286	24915,77143		
Total	3	880546,1719			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 13. Análise de regressão da produtividade de óleo essencial (L ha^{-1}) da *P. aduncum* em função das tensões da água no solo. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

	GL	SQ	QM	Fc	F de significação
Regressão	1	1515,001488	1515,001488	25,660	0,124079187 ^{ns}
Resíduo	2	59,04017857	59,04017857		
Total	3	1574,041667			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 14. Análise de regressão do rendimento de óleo essencial (%) da *P. aduncum* em função das tensões da água no solo. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, 2015.

	GL	SQ	QM	Fc	F de significação
Regressão	1	0,084820829	0,084820829	6,294	0,128862545 ^{ns}
Resíduo	2	0,026950171	0,013475086		
Total	3	0,111771			

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 15. Análise de variância da altura da planta (m) da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	0,053000	0,013250	0,395	0,8088 ^{ns}
Blocos	3	0,122000	0,040667	1,211	0,3478
Resíduo	12	0,403000	0,033583		
Total corrigido	19	0,578000			
CV (%)	8,37				
Média geral	2,19				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 16. Análise de variância do diâmetro da copa (m) da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	0,067000	0,016750	1,426	0,2846 ^{ns}
Blocos	3	0,034000	0,011333	0,965	0,4411
Resíduo	12	0,141000	0,011750		
Total corrigido	19				
CV (%)	6,12				
Média geral	1,77				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 17. Análise de variância da massa fresca total da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	40749498,2000	10187374,550	0,855	0,5176 ^{ns}
Blocos	3	62189882,9500	20729960,983	1,740	0,2120
Resíduo	12	1429477057,800	11912254,816		
Total corrigido	19				
CV (%)	12,51				
Média geral	27591				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 18. Análise de variância da massa fresca de folhas e ramos finos da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	179020669,700	44755167,425	7,052	0,0037*
Blocos	3	1810098,550	603366,183	0,095	0,9615
Resíduo	12	76157382,950	6346448,558		
Total corrigido	19				
CV (%)	18,78				
Média geral	13415				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 19. Análise de variância da massa fresca do caule da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	241673686,200	60418421,550	13,645	0,0002*
Blocos	3	52674256,550	17558085,516	3,965	0,0354
Resíduo	12	53135110,200	4427925,850		
Total corrigido	19				
CV (%)	14,84				
Média geral	14175				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 20. Análise de variância da massa seca de folhas e ramos finos da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	13307308,700	3326827,175	7,026	0,0037*
Blocos	3	100817,200	33605,733	0,071	0,9745
Resíduo	12	5681755,300	473479,608		
Total corrigido	19				
CV (%)	18,16				
Média geral	3789				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 21. Análise de variância do rendimento de óleo essencial da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	0,512	0,128	1,067	0,4148 ^{ns}
Blocos	3	0,790	0,263	2,194	0,1415
Resíduo	12	1,440	0,120		
Total corrigido	19				
CV (%)	8,73				
Média geral	3,97				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 22. Análise de variância da produtividade de óleo essencial da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	27292,700	6823,175	9,364	0,0011*
Blocos	3	1012,400	337,466	0,463	0,7133
Resíduo	12	8744,100	728,675		
Total corrigido	19				
CV (%)	17,85				
Média geral	151,20				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação.

Anexo 23. Análise de variância do teor de dilapiol no óleo essencial da rebrota da *P. aduncum*, seis meses após a realização do primeiro corte, no período chuvoso. Embrapa Acre, Rio Branco, Acre, abril de 2016.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamentos	4	13.927	3,481	3,045	0,0601 ^{ns}
Blocos	3	5.892	1,964	1,718	0,2164
Resíduo	12	13.721	1,143		
Total corrigido	19				
CV (%)	27,52				
Média geral	81,09				

Em que: * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; FV - fator de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; ns - não significativo; CV - coeficiente de variação).