

Universidade Do Estado Da Bahia (UNEB)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)
Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)
Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)

LARISSA DE SÁ GOMES LEAL

**ESTRATÉGIA DE IRRIGAÇÃO PARA ECONOMIA DE ÁGUA EM
CULTIVO DE ROMÃZEIRAS NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO**

JUAZEIRO-BA

2021

Universidade Do Estado Da Bahia (UNEB)
Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG)
Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS)
Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada (PPGHI)

LARISSA DE SÁ GOMES LEAL

**ESTRATÉGIA DE IRRIGAÇÃO PARA ECONOMIA DE ÁGUA EM
CULTIVO DE ROMÃZEIRAS NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada da Universidade do Estado da Bahia (PPGHI – UNEB/DTCS), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Horticultura Irrigada.

Orientadora: Lígia Borges Marinho

JUAZEIRO-BA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
por Regivaldo José da Silva/CRB-5-1169

L435e Leal, Larissa de Sá Gomes

Estratégia de irrigação para economia de água em cultivo de romãzeiras no Submédio do Vale do São Francisco / Larissa de Sá Gomes Leal. Juazeiro-BA, 2021.
72 fls.: il.

Orientador(a): Prof^ª. Dr^ª. Lígia Borges Marinho.
Inclui Referências

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. Programa de Pós-Graduação em Horticultura Irrigada - PPGHI, Campus III. 2021.

1. Punica granatum L. 2. Estresse hídrico. 3. Semiárido. 4. Recursos hídricos.
I. Marinho, Lígia Borges. II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. III. Título.

CDD: 631.452

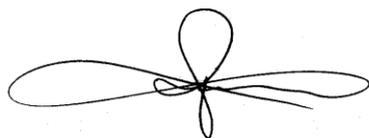
FOLHA DE APROVAÇÃO
"ESTRATÉGIA DE IRRIGAÇÃO PARA ECONOMIA DE ÁGUA EM
CULTIVO DE ROMÃZEIRAS NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO
FRANCISCO"

LARISSA DE SÁ GOMES LEAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Horticultura Irrigada – PPHI, em 31 de maio de 2021, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Agronomia: Horticultura Irrigada pela Universidade do Estado da Bahia, conforme avaliação da Banca Examinadora:



Orientadora: Professora Dra. LIGIA BORGES MARINHO
Universidade do Estado da Bahia
Doutorado em Irrigação e Drenagem
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Esalq –USP



Examinador: Professor Dr. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES
Universidade do Estado da Bahia
Doutorado em Fisiologia Vegetal
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”



Examinador: Professor Dr. JOÃO BATISTA TOLENTINO JÚNIOR
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Doutorado em Irrigação e Drenagem
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Esalq -USP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, autor da vida e do meu destino, à minha mãe (in memoriam) Francineide de Sá Nascimento, e ao meu pai Manoel Osmir Gomes Leal, exemplos de seres humanos batalhadores e resilientes, que sempre me concederam todo apoio, motivação e incentivo na minha jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Grata primeiramente a Deus que me conduziu às ciências agrárias, abençoou com a oportunidade de cursar o Mestrado em Agronomia: Horticultura Irrigada pelo PPGHI da UNEB e me conduziu a desenvolver uma pesquisa acerca de um tema tão relevante para a sustentabilidade da agricultura no Semiárido brasileiro.

Agradeço à minha mãe Francineide, hoje na glória do Senhor, ao meu pai Manoel e meu irmão Emanuel que sempre me incentivaram a estudar, confiaram no meu potencial e nas minhas escolhas, dando todo o apoio necessário, como também à tia/madrinha Onilde, tios/padrinhos Ozires e Ozair, suas esposas e filhos pela motivação e suporte em todos os aspectos durante o curso. A toda minha família, aos irmãos do Grupo de Oração Doce Mãe, às amigas/irmãs Camila Almeida e Camila Marcelly, personificação do cuidado de Deus na minha vida, sempre aconselhando e orando pela minha jornada acadêmica.

Meus agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo auxílio financeiro, que foi imprescindível para conclusão deste curso de pós-graduação, bem como, à Universidade do Estado da Bahia, pelo suporte e infraestrutura disponibilizados. Grata também à Empresa Boa Fruta, na pessoa do Sr. Paulo Sérgio, por abraçar o projeto, concedendo parte de sua área cultivada com romãzeiras para realização da pesquisa, por todo o suporte e pelas informações compartilhadas. Grata também ao Seu João, responsável pela irrigação e a todos os funcionários que fazem parte da Empresa Boa Fruta, pela acolhida e pelos saberes compartilhados. Muito obrigada por me concederem à oportunidade de vivenciar essa experiência tão enriquecedora para minha formação.

Grata também a todos os amigos da XIV turma do PPGHI. Obrigada por todos os momentos compartilhados nessa jornada de pós-graduação, dentro e fora da UNEB. Obrigada pelo companheirismo, o respeito, confiança e carinho para com a minha pessoa. Vocês foram um presente de Deus que levarei do PPGHI para a vida!

Agradeço também a todos os professores do PPGHI pelas experiências e aprendizado, especialmente a prof. Lígia, minha prezada orientadora, pela confiança em mim depositada, pelos ensinamentos, por estar sempre presente, pela amizade, por entender minha ideia e me ajudar a fazer acontecer este trabalho que acredito tanto; a profa Gertrudes Macário e prof. Mário Miranda pela ajuda ao longo do experimento. Agradeço também a Fernanda, Wagner, Raul e Érica, à equipe do GAMA (Grupo Agrônomico de Manejo de Água), parceiros de pesquisa e de todas as horas. Serei eternamente grata a todos que conheci, que estiveram comigo nessa etapa tão maravilhosa. Levarei todos no meu coração.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	7
RESUMO	15
ABSTRACT	16
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Descrição da cultura da romãzeira e suas potencialidades	19
2.1.1 Origem, descrição morfológica e exigências edafoclimáticas.....	19
2.1.2 Compostos bioativos promotores da saúde presentes na romã.....	20
2.1.3 Importância econômica da romã no Brasil e no mundo	22
2.2 Caracterização socioeconômica e climática da região e a importância da diversificação dos cultivos.....	24
2.3 Manejo da água na irrigação no Submédio Vale do São Francisco e as estratégias de economia de água	25
2.4 Déficit hídrico na cultura da romãzeira	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 Condições experimentais e do pomar	32
3.2 Tratamentos de irrigação e variáveis meteorológicas.....	33
3.3 Variáveis morfofisiológicas avaliadas	35
3.4 Fases fenológicas e avaliações de produção e qualidade pós-colheita	36
3.5 Delineamento estatístico e análise de dados	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 Condições meteorológicas, água aplicada, status hídrico e trocas gasosas da romãzeira	38
4.2 Componentes morfológicos	45
4.3 Componentes de florescimento e frutificação	51
4.4 Componentes de produção.....	54
5 CONCLUSÕES	67
REFERÊNCIAS	67

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 Temperatura do ar média (°C), Precipitação (mm); Radiação solar global, Umidade relativa do ar (%) e Velocidade do vento ($m s^{-1}$) (A); Variação da Evapotranspiração de referência (ET_0) e eventos de precipitação obtidos na área experimental (B), entre os 19 e 180 dias após a poda (DAP), observados ao longo dos dias após a poda (DAP) da romãzeira, linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho em Petrolina-PE. 2020-2021.....35
- Figura 2 Relação entre Evapotranspiração de referência (ET_0) da estação meteorológica de Bebedouro da Embrapa Semiárido e da ET_0 na Fazenda no Perímetro Irrigado Nilo Coelho, N10, Petrolina-PE. 2020-2021.....39
- Figura 3 Precipitação e lâminas aplicadas a cada irrigação (A), lâmina bruta acumulada e redução das lâminas de irrigação aplicadas em função das estratégias de irrigação, irrigação ao longo dos dias após poda da romãzeira e em relação a irrigação efetuada na Fazenda, no Perímetro Irrigado Nilo Coelho, N10, Petrolina-PE. 2020-2021. L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 $mm dia^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....40
- Figura 4 Potencial mátrico do solo cultivado com romãzeiras da linhagem nº12, na profundidade de 35cm, em função das estratégias de irrigação (L50, L75, L100 e LF) e dos dias após a poda, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referência (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 $mm dia^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....41
- Figura 5 Variação de armazenamento de água no solo cultivado com romãzeiras da linhagem nº12, na profundidade de 35cm, em função das estratégias de irrigação (L50, L75, L100 e LF) e dos dias após a poda, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referência (ET_0). L75- Déficit

contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....42

Figura 6 Teor de prolina livre nas folhas aos 92 DAP (A), Potencial mátrico do solo aos 145DAP (B), o potencial de água no ramo aos 87 DAP (C), gs - Condutância estomática (D) e E-Transpiração (E) aos 105 DAP de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....43

Figura 7 Volume de copa da romãzeira em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....47

Figura 8 Altura de plantas (A) entre os 9 e 114 DAP, e de diâmetro de copa (B), entre 9 e 64DAP de romãzeiras da linhagem nº 12, submetidas as diferentes lâminas de irrigação, no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE. 2020-2021.....48

Figura 9 Superfície de resposta do índice relativo de clorofilas *a* (A) e *b* (B), ao longo dos dias após a poda (DAP) e das lâminas de irrigação aplicada no cultivo das romãzeiras da linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação

contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....50

Figura 10 Número de botões florais, aos 42 e 56 DAP, e média de frutos até os 116 DAP, em função das lâminas de irrigação aplicadas no cultivo da romãzeira linhagem nº 12, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....52

Figura 11 Número de botões florais, aos 42, 56, 72, 86 e 116 DAP, em função das lâminas de irrigação aplicadas no cultivo da romãzeira linhagem nº 12, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....53

Figura 12 Superfície de resposta para número médio de frutos (fixação) em romãzeira da linhagem nº 12 aos 42, 56, 72, 86 e 116 DAP em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....54

Figura 13 Massa total de frutos comerciais planta⁻¹ (A), número de frutos comerciais (B) e Produtividade da cultura (C) de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....55

Figura 14 Análise de regressão para o teor de antocianinas (A) e de carotenoides (B), na polpa de frutos de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....60

Figura 15 Valores médios para os parâmetros físicos de pós-colheita de frutos de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....62

Figura 16 Valores médios para os parâmetros físico-químicos de pós-colheita de frutos de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6

mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....65

Figura 17 Análise de regressão para produtividade da cultura produtividade de água de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.....66

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Caracterização físico-hídrica do solo cultivado com romãzeira, da linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo coelho, em Petrolina-PE.....33
- Tabela 2 Caracterização química do solo da área cultivada com romãzeira da linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo coelho, em Petrolina-PE.....33
- Tabela 3 Lâminas de irrigação aplicadas para cada tratamento durante o ciclo produtivo de romãzeiras da linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo coelho, em Petrolina-PE.....34
- Tabela 4 Resumo da análise de variância para o teor de prolina livre, o potencial mátrico do solo (Ψ_m), o potencial hídrico do ramo (Ψ_{ramo}), a condutância estomática (gs), a taxa de assimilação de CO_2 (A) e a transpiração (E) da romãzeira da linhagem nº12, em função das estratégias de irrigação (L50, L75, L100 e LF% da ET_0), Petrolina-PE, 2020-2021.....43
- Tabela 5 Resumo da variação, da altura da planta (AP) e diâmetro de copa (DC) aos 9 e aos 114 DAP, do volume de copa (VC) aos 100 DAP e 126 DAP, da área foliar (AF) aos 126DAP, do índice relativo de clorofila *a* (IRCa) e do índice relativo de clorofila *b* (IRCb) aos 37, 51, 70, 84, 92 e 113 DAP, em função de diferentes lâminas de irrigação (LA) e dias após a poda da planta (DAP), para romãzeiras da linhagem nº 12, cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.....46
- Tabela 6 Quadro de ANAVA do número de botões florais, número de flores e número de frutos em função de diferentes lâminas de irrigação aplicadas (L50, L75, L100 e LF) e dos (42,56, 72, 86, 98, 116 DAP) dias após a poda das plantas (DAP), em romãzeiras da linhagem nº 12 cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.....51
- Tabela 7 Quadro de ANAVA para massa total de frutos por planta (MTFP), número de frutos comerciais por planta (NFCP) e massa média de frutos por planta (MMFP), sob diferentes estratégias de irrigação, Petrolina-PE, 2020-2021.....55
- Tabela 8 Quadro de ANAVA do Teor de antocianinas, tanino, compostos fenólicos totais e carotenóides em função de diferentes lâminas de irrigação aplicadas em romãzeiras da linhagem nº 12 cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.....58
- Tabela 9 Quadro de ANAVA para Massa Fresca (MF), rendimento de casca (RC), rendimento de arilo (RA), Firmeza da casca (FC), índice DA da casca (DA), diâmetro transversal (DT) e diâmetro longitudinal (DL) de frutos de romãzeiras da linhagem nº 12 cultivadas submetidas a

diferentes lâminas de irrigação no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.....61

Tabela 10 Quadro de ANAVA para os parâmetros de cor da casca e da polpa de frutos de romã, sob diferentes estratégias de irrigação diferentes lâminas de irrigação no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.....63

Tabela 11 Quadro de ANAVA para sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT) e índice de maturação (SST/AT) características químicas de frutos de romãzeiras da linhagem nº 12 cultivadas submetidas a diferentes lâminas de irrigação no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.....64

ESTRATÉGIA DE IRRIGAÇÃO PARA ECONOMIA DE ÁGUA EM CULTIVO DE ROMÃZEIRAS NO SUBMÉDIO DO VALE DO SÃO FRANCISCO

RESUMO

Diante da limitação de recursos hídricos nas regiões áridas e semiáridas, há uma tendência de acirramento nos conflitos pelos setores demandantes de água. Por isso, deve-se recorrer às culturas tolerantes ao déficit hídrico e a um manejo de irrigação mais eficiente. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes estratégias de irrigação sob a romãzeira, no Submédio do Vale do São Francisco. O estudo foi realizado em uma área comercial (9° 23' S; 40° 30' W; 380 m de altitude), em Petrolina-PE, utilizando-se romãzeiras da linhagem nº 12 (Embrapa Semiárido), de oito anos de idade, espaçadas a 4,0 x 2,0 m, irrigadas por gotejamento, em linha dupla, com oito gotejadores por planta e vazão média de 2,4 L h⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 5 repetições, e os tratamentos de irrigação foram: L50-Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração de referencia (ET₀); L75-Déficit contínuo com reposição de 75% ET₀; L100-Irrigação contínua com reposição de 100% ET₀; LF-Irrigação adotada na fazenda. As romãzeiras foram avaliadas quanto à morfologia, fisiologia, status hídrico da planta, trocas gasosas e os componentes antioxidantes, de produção e qualidade dos frutos. Os dados foram submetidos à análise de variância, quando significativas, foram analisados por regressão, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa Sisvar. A linhagem nº12 de romãzeira cultivada em Petrolina-PE, apresenta habilidade em evitar a perda de água demasiada para atmosfera, sob condição de estresse hídrico, por meio de acúmulo no teor de prolina nas folhas, redução do potencial hídrico foliar, condutância estomática e transpiração, sem redução da assimilação de CO₂ e da eficiência fotossintética. As lâminas deficitárias levaram a uma antecipação e/ou uniformização do florescimento, de modo que a lâmina de água acumulada máxima de 517,35 mm, correspondente à 76% da ET₀, permitiu a maior produtividade (15,81 t ha⁻¹) de romãs, sem efeitos negativos sobre teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, Relação Sólidos Solúveis e Acidez titulável, cor da polpa e da casca, teor de taninos e compostos fenólicos (antioxidantes) nos frutos. Logo, o déficit de irrigação contínuo pode ser adotado para linhagem nº 12 de romãzeira no SVSF, como estratégia de economia de água, em caso de escassez de recursos hídricos ou alto valor da água.

Palavras-chave: *Punica granatum* L; estresse hídrico; Semiárido; recursos hídricos.

IRRIGATION STRATEGY FOR WATER SAVINGS IN CULTIVATION OF POMEGRANATES IN THE SUBMEDIUM OF THE VALLEY OF SÃO FRANCISCO

ABSTRACT

In view of the limited water resources in arid and semi-arid regions, there is a tendency for more intense conflicts between the sectors demanding water. Therefore, it is necessary to resort to cultures that are tolerant to water deficit and to a more efficient irrigation management. Therefore, the objective of this work was to evaluate different irrigation strategies under the pomegranate tree, in the Submédio do Vale do São Francisco. The study was carried out in a commercial area (9° 23' S; 40° 30' W; 380 m altitude), in Petrolina-PE, using eight-year-old pomegranate trees of lineage nº 12 (Embrapa Semiárido), spaced apart. at 4.0 x 2.0 m, drip-irrigated, in a double line, with eight drippers per plant and an average flow of 2.4 L h⁻¹. The experimental design used was in randomized blocks, with 5 replications, and the irrigation treatments were: L50-Continuous deficit with programmed irrigation to replace 50% of the reference evapotranspiration (ET₀); L75-Continuous deficit with 75% ET₀ replacement; L100-Continuous irrigation with 100% ET₀ replacement; LF-Irrigation adopted on the farm. Pomegranates were evaluated for morphology, physiology, plant water status, gas exchange and antioxidant components, yield and fruit quality. Data were subjected to analysis of variance, when significant, were analyzed by regression, at the level of 5% probability, using the Sisvar program. Pomegranate line nº12 cultivated in Petrolina-PE, has the ability to avoid excessive water loss to the atmosphere, under water stress conditions, through accumulation of proline content in the leaves, reduction of leaf water potential, stomatal conductance and transpiration, without reducing CO₂ assimilation and photosynthetic efficiency. The deficient depths led to an anticipation and/or uniformity of flowering, so that the maximum accumulated water depth of 517.35 mm, corresponding to 76% of the ET₀, allowed the highest productivity (15.81 t ha⁻¹) of pomegranates, without negative effects on soluble solids content, pH, titratable acidity, Soluble Solids and Titratable Acidity Ratio, pulp and skin color, tannin content and phenolic compounds (antioxidants) in the fruits. Therefore, the continuous irrigation deficit can be adopted for line number 12 of pomegranate in the SVSF, as a water saving strategy, in case of scarcity of water resources or high water value.

Key-words: *Punica granatum* L.; hydric stress; Semiarid; water resources.

1 INTRODUÇÃO

A quantidade e a qualidade da água disponível para irrigação são fatores limitantes para expansão da agricultura em regiões áridas e semiáridas (NASRABADI *et al.*, 2020). Diante da recorrência de fenômenos de seca prolongada no Submédio do Vale do São Francisco (SVSF), que resultam em restrição hídrica e geram impactos negativos na agricultura irrigada e demais setores que demandam esse recurso, é fundamental recorrer a estratégias que possibilitem maior produtividade de água na atividade agrícola (BASSOI, 2010).

Nessa perspectiva, Galindo *et al.* (2018), propuseram que uma forma de tornar o uso de água mais eficiente e/ou lidar com a escassez de água em regiões semiáridas consiste no uso de estratégias de irrigação por déficit associado a culturas emergentes como jujuba (*Zizyphus jujuba* Mill.), nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl.), pistache (*Pistacia vera* L.) e romãzeira (*Punica granatum* L.), pois estas podem resistir a restrição hídrica com o mínimo de impactos sobre a produção e a qualidade dos frutos.

A romãzeira (*Punica granatum* L.) é uma frutífera da família *Lythraceae*, conhecida desde a antiguidade em diversos países do mundo. Tem como centro de origem a Ásia, mas atualmente, encontra-se distribuída por regiões áridas e semiáridas da América, África e Europa, devido a sua tolerância à seca, e à salinidade da água de irrigação de 3 a 6 dS m⁻¹ (SOUZA *et al.*, 2018; JADIDI *et al.*, 2020).

No Brasil, podem ser encontradas áreas comerciais de romã nos estados de Pernambuco, Paraíba, Bahia e São Paulo. Em 2017, a produção foi de 279 t em território nacional, chegando a um valor de produção de R\$ 1.167.000, com destaque para os estados de São Paulo e Pernambuco (IBGE, 2017). Na região do SVSF, em 30 de dezembro de 2020, o kg de romã foi cotado a R\$3,25 no mercado do produtor, município de Juazeiro-BA (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO, 2021).

Vale ressaltar que a romã é reconhecida como uma fruta rica em compostos bioativos, que possuem atividade antioxidante e anti-inflamatória. A confirmação destas propriedades medicinais por meio das pesquisas, aliado ao aumento na procura por produtos de alto valor nutracêutico por parte dos consumidores nos últimos anos, tem despertado em agricultores, na indústria farmacêutica e em pesquisadores o interesse pela romãzeira, incentivando assim novas pesquisas, promovendo incremento na produção e no desenvolvimento de novos produtos (HUSSEIN & GOUDA, 2018; SOUZA *et al.*, 2018).

Além destes aspectos, observa-se na literatura que a tolerância da cultura à estresses abióticos e os efeitos sobre o rendimento e a qualidade dos frutos também têm sido alvo de estudos em diversos países, pois a capacidade de tolerar a restrição no fornecimento de água está ligado a alguns fatores, como a região do mundo, a cultivar em questão, a fase fenológica em que a restrição ocorre e o nível de restrição, fatores estes que afetam tanto as características externas (tamanho, forma e cor da casca) quanto a composição química das frutas (sólidos solúveis, acidez e compostos bioativos), que são atributos importantes pois estão diretamente ligadas a preferência do consumidor (COLLADO-GONZALÉZ *et al.*, 2015; INTRIGLIOLO *et al.*, 2013; GALINDO *et al.*, 2017; HUSSEIN & GOUDA, 2018; SARMENTO *et al.* 2020).

Diante disso, percebe-se que a romãzeira pode vir a ser uma oportunidade de diversificação de cultivo no SVSF, e ainda com potencial para contribuir com o aumento da produtividade da água, isto é, a produção agrícola em quilogramas por m³ de água utilizado, que levaria a uma maior eficiência no uso deste recurso na agricultura, especialmente em zonas áridas e semiáridas do mundo (GALINDO *et al.*, 2018).

Todavia, são escassos estudos para avaliar o comportamento da romãzeira sob diferentes estratégias de irrigação e as possíveis respostas morfológicas e fisiológicas que posteriormente influenciarão no rendimento, nas condições do semiárido brasileiro, especialmente na região do Vale do São Francisco, cuja características edafoclimáticas são favoráveis ao seu desenvolvimento e a cultura pode ser uma oportunidade de diversificação de cultivo para os agricultores.

Sendo assim, objetivou-se com este trabalho estudar as respostas morfológicas, fisiológica e de frutificação, bem como a produtividade da cultura, produtividade de água e as características pós-colheita de frutos de romãzeira submetidas a estratégias de economia de água no Submédio do Vale do São Francisco.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição da cultura da romãzeira e suas potencialidades

2.1.1 Origem, descrição morfológica e exigências edafoclimáticas

A romãzeira (*Punica granatum* L.), também conhecida popularmente como “mangrano” e “granada”, na América Latina, é uma frutífera da família *Lythraceae*, conhecida desde a antiguidade, citada na bíblia e na mitologia grega e persa (SUZUKI, 2016). A mesma é nativa da Ásia, do Oriente médio, mas acabou se expandindo pelas diferentes regiões e países, graças à diversidade genética que possibilitou uma fácil adaptação às diferentes condições edafoclimáticas (SOUZA *et al.*, 2018).

Dessa forma, seu cultivo se estendeu para a Índia, a China, os países mediterrâneos como Turquia, Egito, Tunísia, Marrocos, chegando até a Espanha pelo qual foi difundida para a América Central, a América do Sul e o México durante os anos de 1500 e 1600 (HUSSEIN & GOUDA, 2018). Consiste em arbusto ramificado e lenhoso de crescimento indeterminado e que pode chegar aos 7 metros de altura. Suas folhas são pequenas, com cerca de 2 centímetros de largura e de 3-7 cm de comprimento, de coloração verde escuro, lanceolada, brilhante e membranácea. Quanto às flores, possuem de 5 a 8 pétalas na cor laranja-avermelhada, cerca de 3 cm de diâmetro e podem ser hermafroditas ou masculinas (HUSSEIN & GOUDA, 2018).

O fruto, por sua vez, é não climatérico, classificado como baga globosa e caracterizado por um sabor doce e levemente ácido, sendo o órgão da planta mais consumido, portanto de interesse comercial. Esses frutos apresentam muitas sementes dispostas em camadas, revestidas por um tecido suculento (conhecido como arilo) em cores que variam do rubi ao branco, protegidas por uma casca de estrutura coriácea de coloração amarelo-avermelhada (SOUZA *et al.*, 2018; HUSSEIN & GOUDA, 2018).

A romãzeira é uma cultura típica de áreas geográficas áridas e secas, podendo se desenvolver até mesmo em regiões desérticas. Entretanto, apresenta boa adaptabilidade a climas temperados e subtropicais, mas, foi observada melhor performance em ambiente com temperatura superior a 30 °C e radiação solar direta (SOUZA *et al.*, 2018).

É uma cultura pouco exigente em água que pode sobreviver em regiões com precipitação média anual de 200 mm, mas para alcançar frutos de qualidade, recomenda-se entre 500-700 mm ano⁻¹. É tolerante à seca e à salinidade da água de irrigação, cuja condutividade elétrica pode ser de até 3 a 6 dS m⁻¹ (JADIDI *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2018).

Dentre os fatores climáticos, a umidade relativa e a precipitação merecem atenção especial, pois quando elevadas na fase de floração e desenvolvimento do fruto, favorecem a

ocorrência de doenças causadas por microrganismos dos gêneros *Alternaria* e *Phytophthora*. Por isso, recomenda-se o uso do sistema de irrigação por gotejamento para a romãzeira, pois minimiza o excesso de água na zona radicular, conseqüentemente, evita condições de hipóxia no solo que influencia negativamente o processo de respiração das raízes, além de favorecer a ocorrência de podridões nas raízes e frutos. Além disso, permite reduzir o consumo de água e os custos com sua aplicação (AJAP, 2017; HUSSEIN & GOUDA, 2018;).

Com relação à propagação, pode ser via semente, mas é realizada predominantemente na forma vegetativa, por estacas lenhosas. Assim como em outras frutíferas, após implantação da cultura, o manejo ocorre por meio de podas. Nas condições de Portugal, por exemplo, as principais são: a poda de formação, a de inverno, a de produção e a de rejuvenescimento (AJAP, 2017).

No que diz respeito ao ciclo da cultura, em geral, é possível dividir seu ciclo anual em fase de repouso vegetativo e fase reprodutiva. No período do ciclo vegetativo, verifica-se o surgimento de brotações, ramos jovens e primeiras folhas, o crescimento da árvore e encerra com a queda das folhas, durante o inverno. Enquanto na fase reprodutiva, observa-se o aparecimento das gemas reprodutivas, o início da floração, a floração, a polinização, a fecundação, a frutificação e o desenvolvimento dos frutos (GUISADO, 2018).

Entretanto, nas condições do semiárido brasileiro, não é observada a fase de repouso marcada pela queda natural das folhas uma vez que a estação do inverno não é suficientemente fria para induzir a mudança da fase vegetativa para reprodutiva. Sendo assim, são utilizados reguladores vegetais a base de etefhon para promover a queda das folhas e o amadurecimento das gemas, e a realização da poda de produção, que é contínua ao longo do ano. O período entre a poda e a primeira colheita é influenciado pela cultivar, pelo manejo adotado, pela época do ano e pelas condições agroclimáticas, mas, de um modo geral, leva em torno de 150 dias. Segundo Suzuki (2016) algumas cultivares produzidas no Brasil levam 105 dias no inverno e 111 dias no verão, entre a gema reprodutiva e a maturação do fruto.

2.1.2 Compostos bioativos presentes na romã

Recentemente, houve um aumento no cultivo, no consumo e no interesse científico pela romã, em busca de compreender sua biologia, identificar a melhor forma de manejar a cultura, conhecer suas estratégias e mecanismos de adaptação às características ambientais e, especialmente, com relação às suas propriedades promotoras da saúde (BAR-YA'AKOV *et al.*, 2019). Tanto a casca quanto a polpa da romã apresentam os seguintes componentes: cálcio,

proteína, fósforo, lipídios, ferro, minerais, ácido ascórbico, carboidratos, fibra e os metabólitos secundários, também conhecidos como compostos bioativos, que são responsáveis pela atividade antioxidante, anti-inflamatória, antibacteriana e antifúngica desse fruto. Vale ressaltar que a quantidade dos seus compostos bioativos depende da cultivar, das condições ambientais, da fertilidade do solo, da irrigação do armazenamento e das técnicas de processamento utilizadas (SOUZA *et al.*, 2018; HUSSEIN & GOUDA, 2018).

A maior parte dos metabólitos produzidos na romã e seu conteúdo na casca, raízes, folhas e frutos já foram relatados, por isso observa-se um aumento significativo de publicações sobre o conteúdo de compostos fenólicos e demais metabólitos responsáveis pela atividade antioxidante nos últimos anos (BAR-YA'AKOV *et al.*, 2019).

De acordo com Souza *et al.* (2018), a proporção entre as partes dos frutos de romã é de 50% de casca, 40% de polpa (parte comestível) e 10% de sementes. Foi verificado que há uma relação direta entre a cor da casca e o teor de antocianina na mesma, sendo, portanto, influenciada pela cultivar utilizada, ou ainda pelo estágio de desenvolvimento do fruto. Comportamento semelhante foi observado para o suco de arilos de romã quanto à composição de antocianinas, pois a pigmentação do suco tende a aumentar durante o amadurecimento da fruta, mas novamente, o teor de antocianina total difere entre as variedades. O teor de antocianinas nos frutos pode ser influenciado inclusive pela posição do mesmo na planta, uma vez que este metabólito é sensível a temperaturas elevadas durante a noite. No entanto, ainda não foi identificada uma relação entre a cor da casca e a cor do arilo (COLLADO-GONZALÉZ *et al.* 2015; BAR-YA'AKOV *et al.*, 2019).

Com relação aos taninos hidrolisáveis, já foram identificados mais de 60, e destes, mais de 30 estão presentes na casca do fruto, no arilo e na semente. O principal tanino presente na casca, é a punicaligina, corresponde a mais de 85% dos taninos. Enquanto nos arilos, verifica-se maior concentração do ácido elágico, que compõe os ácidos fenólicos totais, compostos que possuem função antioxidante. Como a romã é consumida tradicionalmente através do suco dos arilos frescos, e tendo em vista o alto teor de taninos hidrolisáveis na casca, foram estabelecidos procedimentos industriais para obtenção do suco de frutas inteiras de romã, elevando assim a sua qualidade em termos de maior concentração de compostos bioativos promotores da saúde (BAR-YA'AKOV *et al.*, 2019).

Segundo Hussein & Gouda (2018), apesar das folhas, flores, casca, sementes e caules serem considerados como meros resíduos, possuem quantidades semelhantes e até mesmo maiores dos componentes valiosos de interesse, presentes na fruta, a parte comestível.

Dentre as pesquisas realizadas acerca dos efeitos do consumo da romã à saúde humana, é possível constatar a atividade antioxidante (BHARATHI & JAGADEESAN, 2015), no suco (REZAEI *et al.*, 2013), na casca (WANG *et al.*, 2015), e no extrato de todo o fruto (ZOU *et al.*, 2014); o tratamento e a prevenção de radicais livres por danos neuronais (FARBOOD *et al.*, 2015); a atividade anti-helmíntica (MONDAL *et al.*, 2015); o efeito anti-inflamatório (BABAEIAN *et al.*, 2013; SOHRAB *et al.* 2014); no extrato da casca (Winand & Scheneider, 2014); em cápsulas de polifenóis extraídos da romã (Basu *et al.*, 2013); atividades antifúngicas e antibacterianas (Rosas-Burgos *et al.* 2017); e avaliado também como um potencial agente quimiopreventivo de câncer de próstata, devido a ação do ácido elágico na regulação do ciclo celular (NAIKI-ITO *et al.*, 2015).

Em meio às descobertas desses estudos quanto à forma como os componentes bioativos agem no organismo humano, observa-se: diminuição na resistência à insulina e o aumento de insulina no sangue; diminuição de danos ao pâncreas que costumam ser induzidos pelo estresse oxidativo; a ação da punicalagina no tratamento de distúrbios metabólicos, especialmente doença hepática não alcoólica, pois modula as enzimas hepáticas inclusive em diabéticos do tipo 2; efeito benéfico dos compostos fenólicos na redução da peroxidação lipídica em diabéticos (BASU *et al.*, 2013).

2.1.3 Importância econômica da romã no Brasil e no mundo

Diante da confirmação das suas propriedades medicinais por meio das pesquisas, em fase de laboratório, em se tratando da composição química da polpa (arilos) e da casca, houve um aumento no interesse pela romãzeira por parte de agricultores e pesquisadores, incentivando assim novos estudos, promovendo incremento na produção e no desenvolvimento de novos produtos (HUSSEIN & GOUDA, 2018; SOUZA *et al.*, 2018).

Além da forma de consumo dos frutos *in natura*, muitos produtores começaram a investir na agregação de valor a esse produto, o que permite aproveitar os frutos não comercializáveis pela aparência, e passaram a comercializar também sucos, molhos, geleias, néctares, chás, suplementos alimentares, vinho, licor, pílulas, cremes, tratamentos faciais e óleos corporais, aumentando conseqüentemente seu consumo (SUZUKI, 2016; HUSSEIN & GOUDA, 2018; SOUZA *et al.*, 2018).

Alcaraz-Mármol *et al.* (2017) avaliaram os parâmetros físico-químicos e funcionais de 20 cultivares de romã na Espanha para identificar quais seriam as mais indicadas para consumo da fruta fresca e processada. Concluíram que aquelas que apresentaram sementes macias e

elevado teor de sólidos solúveis são ideais para o consumo fresco; enquanto as de cor vermelha intensa e sementes duras são ideais para produção do suco. As de maior teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante podem ser usadas como alimento funcional, na indústria farmacêutica e na produção de cosméticos.

Com relação às exigências dos consumidores dos frutos *in natura*, o tamanho, a coloração e a sanidade são os aspectos que mais influenciam no momento da compra (SUZUKI, 2018). Essas características por sua vez, são determinadas pela variedade, localização geográfica, práticas agronômicas, sazonais e diferenças de maturidade, bem como condições de processamento e armazenamento, que afetam tanto as características externas quanto a composição das frutas (HUSSEIN & GOUDA, 2018).

Por essa razão, atualmente, são cultivadas diversas variedades pelo mundo, dentre elas, ‘Wonderful’, ‘Smith’, ‘Kingdom’, ‘Mollar’, ‘Valenciana’, ‘Mollar de Elche’, ‘Acco’, ‘Rabab’, ‘Shavah’, entre outras. Destacam-se como principais produtores: Afeganistão, Irã, Israel, Brasil, Estados Unidos da América, Itália e Espanha (NASCIMENTO JÚNIOR *et al.* 2016; AJAP, 2017; SOUZA *et al.* 2018).

Segundo os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura das Nações (FAO, 2014), a Índia ocupa o primeiro lugar no ranking de produtores e consumidores de romã. No entanto, a Espanha destaca-se com maior produtividade (18,5 toneladas por hectare). Com relação à exportação, o Irã e a Índia são os campeões, com 60.000 e 35.176 t ano⁻¹, respectivamente (HUSSEIN & GOUDA, 2018).

No Brasil, de acordo com o último levantamento realizado pelo IBGE (2017), a área colhida foi de 66 ha, distribuídos em 101 estabelecimentos. A produção foi de 279 t, chegando a um valor de produção de R\$ 1.167.000. O estado de São Paulo foi responsável pela maior área colhida e maior valor de produção, seguido pelo estado de Pernambuco, 24 ha e R\$ 647.000, e 14 ha R\$ 294.000, respectivamente. Apesar disso, Pernambuco alcançou maior produção (101 t) em relação a São Paulo (95 t), em 2017, seguido de Paraná (39t), Bahia (27t) e Minas Gerais (10t). Os estabelecimentos com mais de 50 pés de romã em Pernambuco, contabilizados no levantamento, encontram-se 57% em Petrolina e 43% em Santa Maria da Boa Vista.

Entre os anos de 2010 e 2015, o volume de romã comercializado na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo Ceagesp dobrou, e apesar dessa expansão, não houve alteração no preço, que no referido período era em média de R\$10,52 kg⁻¹. É importante destacar que entre os meses de junho a setembro os agricultores comercializam os frutos pelos melhores preços, pois entre novembro e janeiro, há maior oferta de frutos, em virtude da

chegada de frutos importados no país (SUZUKI, 2016). Na região do Submédio do Vale do São Francisco, em 30 de dezembro de 2020, o kg de romã foi cotado a R\$3,25 no mercado do produtor, município de Juazeiro-BA (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUAZEIRO, 2021).

2.2 Caracterização socioeconômica e climática da região do Submédio do vale do São Francisco e a importância da diversificação dos cultivos

A região do Submédio do Vale do São Francisco (SVSF) está situada no Semiárido brasileiro e compreende municípios dos estados de Pernambuco e da Bahia que se destacam pela sua importância socioeconômica no setor agrícola nacional, em virtude da produção e exportação de frutas, hortaliças e vinhos (LEÃO *et al.*, 2016).

No eixo Petrolina-Juazeiro encontra-se o maior polo agroindustrial de fruticultura do Brasil pela produção de uva, manga, em maior quantidade, e de goiaba (*Psidium guajava*), coco (*Cocos nucifera*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), em menor escala. Por ano, a região produz cerca de 604 mil t de manga e 252 mil t de uvas, de acordo com informações da Vale Export (IBGE, 2017). De acordo com Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (Aliceweb), essas frutas destinadas tanto ao mercado interno quanto externo, tiveram como principais importadores a Holanda, o Reino Unido, os Estados Unidos, a Espanha, a Alemanha, o Canadá e a Argentina.

Vale ressaltar que o desenvolvimento da agricultura nesta região foi possibilitado pelo uso da irrigação nos cultivos, pela implantação de perímetros irrigados públicos e privados, uma vez que a má distribuição pluviométrica e alta demanda atmosférica ao longo do ano na região semiárida impossibilitariam o suprimento hídrico em todas as épocas do ano, e conseqüentemente, alto rendimento das hortícolas (BASSOI *et al.*, 2010).

No ano de 2016, foram observados os seguintes resultados de valor bruto da produção dos projetos públicos de irrigação: Senador Nilo Coelho (R\$ 1,39 bilhão), Curaçá (R\$ 135 milhões), Maniçoba (R\$ 116 milhões), Tourão (R\$ 101 milhões), Bebedouro (R\$ 44 milhões) e Mandacaru (R\$ 9 milhões). Estima-se que esses projetos de irrigação geraram em torno de 135 mil empregos, entre empregos diretos e indiretos (IBGE, 2017). Apesar dos valores expressivos de produção e rentabilidade com os cultivos de manga e uva, a concentração da produção em poucas culturas tem motivado cada vez mais discussões, tanto no meio acadêmico, quanto nas organizações de produtores e/ou na esfera da política agrária governamental.

De acordo com Oliveira Filho *et al.* (2014), as culturas de uva e manga respondem por quase 65% do valor da produção anual da região. Isso implica em vulnerabilidade dos

produtores frente a choques de demanda. Esses autores ainda afirmam que, considerando que as atividades agrícolas visam mercados externos, essa vulnerabilidade mostra-se ainda mais preocupante, como de fato pôde se observar durante a crise econômica mundial deflagrada em meados de 2008, com impactos negativos sobre a economia local. Portanto, é perceptível que a estratégia de diversificação produtiva na região é benéfica como ferramenta de gerenciamento de riscos e manutenção sustentável do desenvolvimento do polo.

2.3 Manejo e estratégias de economia da água da irrigação no Submédio do Vale do São Francisco

A importância socioeconômica da agricultura irrigada para o Semiárido brasileiro é indiscutível. No entanto, é preciso considerar que o consumo hídrico das culturas é elevado, em virtude da grande disponibilidade térmica ao longo do ano nessa região (BASSOI *et al.*, 2010). De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA), no ano de 2017, de toda água retirada da Bacia do São Francisco, cerca de 70% foi consumida pelo setor agrícola (ANA, 2018).

Além disso, nos últimos anos, tem aumentado a preocupação com relação à disponibilidade de água, para os diferentes setores demandantes de recursos hídricos, no Submédio do Vale do São Francisco, em razão de fenômenos de seca mais severos, como esse dos últimos oito anos em que as precipitações se mostraram abaixo da média, desde 2012 na Bacia Hidrográfica do São Francisco (BHSF) (ANA, 2018), resultando na redução da vazão do rio São Francisco. Assim, no intuito de mitigar os efeitos desse período prolongado de estiagem, a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) chegou a reduzir a descarga à 550 e 611 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, em todo o vale, a jusante das barragens de Sobradinho e de Xingó, respectivamente, em atendimento a Resolução ANA n.º 1.291/2017, no ano de 2018 (CHESF, 2018).

Posteriormente, a ANA por meio das Resoluções 2.082/2017 e 2.219/2017, restringiu a captação de água no rio São Francisco às quartas-feiras pelos irrigantes, medida essa desconsiderada em dezembro de 2018 e, como resultado, promoveu uma economia de 10% do consumo de água pelos usuários da União na BHSF (ANA, 2017).

Tendo em vista que fenômenos de seca aguda são recorrentes no Semiárido brasileiro e implicam em restrição hídrica, não só para a agricultura, mas para os demais setores que demandam esse recurso, torna-se indispensável à obtenção de conhecimento a respeito das culturas antes de implantá-las, além da adoção de tecnologias agrônomicas que possibilitem o manejo eficiente de água, como por exemplo, a utilização de culturas e/ou híbridos que tolerem as condições de déficit hídrico; os métodos e sistemas de irrigação que permitam não só o

aumento de produtividade das culturas, mas a economia de água, maior rendimento da sua produção e a sustentabilidade da atividade produtiva (BASSOI *et al.*, 2010; COLLADO-GONZALÉZ *et al.*, 2015).

Segundo Galindo *et al.* (2018), a escassez de água na região semiárida do Mediterrâneo e as mudanças climáticas indicam que o uso de estratégias de irrigação por déficit associado a culturas emergentes como jujuba (*Zizyphus jujuba* Mill.), nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl.), pistache (*Pistacia vera* L.) e romã (*Punica granatum* L.) para suportar o déficit com o mínimo de impactos no rendimento e na qualidade dos frutos, podem ser uma alternativa para o uso mais eficiente dos recursos hídricos.

Atualmente, as estratégias de déficit hídrico mais utilizadas e estudadas são: o déficit de irrigação contínuo (SDI); a irrigação por déficit regular (IDR) e a irrigação parcial da zona de raízes (PRD) (GALINDO *et al.*, 2018).

O déficit de irrigação contínuo (SDI) tem como base a distribuição uniforme do déficit hídrico durante todo ciclo da cultura, evitando a ocorrência de déficit hídrico severo nas plantas em qualquer estágio da colheita que possa afetar o rendimento comercializável ou a qualidade dos frutos ou distribuir a água de irrigação proporcionalmente aos requisitos de irrigação ao longo da temporada. Enquanto a estratégia de irrigação por déficit regular (IDR) parte da premissa de que a sensibilidade das árvores frutíferas ao déficit hídrico não é constante durante toda a estação de crescimento, e um déficit hídrico durante períodos específicos pode beneficiar a produtividade da água, aumentando a economia de água para irrigação, minimizando ou eliminando impactos negativos no rendimento e na receita da colheita e até melhorando a qualidade da colheita. E, por fim, a irrigação parcial da zona de raízes (PRD) tem como base a irrigação de apenas uma parte da zona radicular, deixando outra parte secar até um certo teor de água no solo antes de voltar a molhar, passando a irrigação para o lado seco (GALINDO *et al.*, 2018).

No entanto, os mesmos autores afirmam que a planta requer uma quantidade mínima de água no solo, a ser acessada a qualquer momento, abaixo da qual a estratégia de déficit contínuo não tem efeito benéfico significativo. Assim, quanto maior a restrição, maior a redução no tamanho de frutos ou no teor de compostos químicos desejáveis, e conseqüentemente, diminui o rendimento da atividade.

Além disso, verificam-se impactos negativos do uso do déficit sobre o ambiente, como os riscos de salinização do solo como consequência da diminuição da lixiviação de sais e do uso de água de irrigação de baixa qualidade, sendo fundamental a realização de pesquisas que permitam o uso do déficit de modo assertivo, que permita a economia de água e dos custos com

a sua aplicação, mas sem comprometer a produção, a qualidade dos frutos, o rendimento líquido das propriedades e a qualidade do solo.

Silva *et al.* (2015) afirmam que o estudo do ambiente físico em que a planta se desenvolve, especialmente o solo, possibilita a adoção de técnicas de manejo mais apropriadas para a racionalização do uso da água, permitindo minimizar o impacto ambiental e alcançando a qualidade de frutos requeridas pelos consumidores. Nessa perspectiva, o avanço das tecnologias de irrigação, aliado à pesquisa, têm buscado estratégias e sensores que permitam estimar as necessidades hídricas das culturas em função de parâmetros ambientais e do solo. É por meio desse conhecimento, que o manejo de água no sistema solo-planta-atmosfera pode ser racionalizado, otimizando, portanto, a produtividade.

Atualmente, são conhecidos diversos métodos, diretos e indiretos, para monitorar a umidade do solo, a demanda hídrica da planta, assim como o status de água e as trocas gasosas da planta, o que pode orientar o manejo da água e o uso do déficit de irrigação na agricultura de forma mais acertada.

Dentre os sensores de solo, baseados no método do balanço hídrico, que medem a umidade, podem ser citados os tensiômetros como uma das técnicas que vêm sendo utilizadas para o manejo da irrigação o qual visa à determinação de quando e quanto irrigar. Esse monitoramento se dá através da tensão da água no solo, a fim de maximizar a eficiência de uso da água e o rendimento da cultura. Assim, é primordial conhecer a faixa de tensão que pode ser mantida no solo, para não comprometer o desenvolvimento tampouco a produção da cultura (SILVA *et al.*, 2015).

Da mesma forma, existem inúmeros métodos e instrumentos para nortear a reposição de água com base na necessidade hídrica das culturas, decorrente das perdas de água para atmosfera, por meio dos processos de evaporação e transpiração foliar. Nessa perspectiva, também podem ser utilizados como critério no momento de definir o manejo da irrigação: estações meteorológicas, lisímetros (balanço hídrico), sondas de fluxo de seiva, sensoriamento remoto e aplicação de modelos matemáticos para determinar a evapotranspiração de referência (ET_o), que junto aos coeficientes de cultivo (k_c) permitem a obtenção da evapotranspiração da cultura (ET_c) (PARVIZI *et al.*, 2014; SELAHVARZI, *et al.*, 2017; GALINDO *et al.*, 2017; ADIBA *et al.*, 2020).

A metodologia recomendada como padrão para o cálculo da evapotranspiração de referência é o método FAO 56 (1998), também conhecido como equação de Penman-Monteith, a qual a ET_o é calculada com base em dados meteorológicos, sendo eles: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa atmosférica e velocidade do vento (ALLEN *et al.*, 1998).

Com relação ao estado hídrico da planta, é possível monitorar o potencial de água nas folhas e ramos por meio de uma “Câmara de pressão de Scholander”. Por outro lado, o IRGA (Infra-red Gas Analyzer) é o principal equipamento utilizado para avaliações de trocas gasosas em plantas. Ambos permitem conhecer a resposta da mesma às diferentes condições de irrigação, e por isso, são amplamente utilizados nos estudos sobre as relações hídricas das culturas, inclusive da romãzeira (INTRIGLIOLO, 2011; MELISHO *et al.* 2012; SELAHVARZI *et al.*, 2017; SINGH *et al.*, 2019).

O conhecimento da demanda de água pelas culturas, do comportamento ecofisiológico e o desenvolvimento e adaptação de diferentes técnicas de manejo de irrigação podem contribuir para aumentar a produtividade da água nessas condições, ou seja, um maior benefício (incluindo o retorno econômico) por volume de água utilizado por unidade de área irrigada (BASSOI *et al.*, 2010).

Diversos estudos sobre a cultura da romãzeira submetida a irrigação deficitária e a irrigação com água salina foram realizados (MELISHO *et al.*, 2012; MENA *et al.*, 2013; INTRIGLIOLO *et al.*, 2013; GALINDO *et al.*, 2014; PARVIZI *et al.*, 2016; SELAHVARZI *et al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2017; GALINDO *et al.*, 2017; OLMO-VEGA *et al.*, 2017; NASRABADI *et al.*, 2020; ADIBA *et al.*, 2020), porém, são escassos os estudos para avaliar as respostas de produção e qualidade de fruto nas condições do semiárido brasileiro, na região do Submédio do Vale do São Francisco, cuja condições edafoclimáticas são favoráveis ao seu desenvolvimento e a cultura pode ser uma oportunidade de diversificação de cultivo para os agricultores.

2.4 Déficit hídrico na cultura da romãzeira

Entre os fatores que tem despertado interesse nos pesquisadores para a realização de estudos com a cultura da romãzeira, está a sua tolerância ao estresse hídrico e salino por meio de suas respostas morfológicas, fisiológicas, de produção e qualidade (composição química), no intuito de que o déficit não comprometa seu rendimento. Estudos esses mais frequentes em regiões de clima mediterrâneo, zonas áridas e semiáridas, como estratégia de melhor aproveitamento da água disponível.

De fato, a romãzeira é bastante tolerante à seca, capaz de sobreviver e produzir inclusive em ambientes desérticos. Essa elevada resistência se deve basicamente a alguns mecanismos a nível foliar: no início da restrição hídrica, a planta realiza regulação estomática para minimizar as perdas de água por transpiração, evitando a perda de turgescência das folhas; à medida que

o estresse hídrico aumenta, a planta promove acúmulo de íons no vacúolo celular, para realizar o ajuste osmótico; e ainda consegue acumular água no apoplasto, o que permite reter a água e manter a assimilação de carbono em condições hídricas adversas (ADIBA *et al.*, 2020).

Apesar de ser um mecanismo intrínseco à espécie, a capacidade de tolerar a restrição no fornecimento de água está ligada a alguns fatores, como a região do mundo e a cultivar em questão. Entre oito cultivares comerciais iranianas, por exemplo, foi observado que algumas se adaptam melhor às diferentes estratégias de irrigação, sem efeito negativo sobre suas características morfológicas e fisiológicas e indicou que o teor de prolina, as enzimas antioxidantes e o deslocamento de íons podem ser utilizados como critérios na seleção de cultivares tolerantes ao estresse hídrico, de modo que as cultivares 'Za-Yazd' e 'M-Saveh' se mostraram mais tolerantes à restrição hídrica devido a maior atividade da superóxido dismutase, atuando como barreira defensiva ao ataque dos radicais de oxigênio e peróxido de hidrogênio (TATARI *et al.*, 2020).

Outro fator importante é a fase fenológica em que é imposto o déficit, uma vez que mesmo para culturas tolerantes, há uma fase crítica cuja limitação de disponibilidade hídrica é determinante no rendimento da cultura. O déficit sobre onze cultivares no Marrocos, na fase de crescimento de frutos, resultaram em grandes variações para produtividade, características físicas dos frutos e crescimento vegetativo (ADIBA *et al.*, 2020).

A restrição de irrigação apenas na fase de amadurecimento dos frutos, apesar de ser um período crítico, pois influencia diretamente a capacidade da planta de atingir seu máximo rendimento, quando imposto por um período curto, de 6 dias, permite a economia de água e melhora o conteúdo de compostos bioativos (antocianinas, ácido elágico, punicalagina e compostos fenólicos), sem afetar rendimento comercial nem tamanho de frutos, contribuindo inclusive com a cor vermelha mais intensa. Os valores de sólidos solúveis e acidez titulável também foram semelhantes, em torno de 17,5 °Brix e 2,10 g de ácido cítrico L⁻¹, entre os períodos de déficit na fase de amadurecimento dos frutos. O que indica que o período crítico de estresse hídrico não é constante, mesmo na fase fenológica crítica (Galindo *et al.*, 2017).

A estratégia de déficit utilizada e a intensidade desse déficit podem resultar em diferentes impactos sobre a cultura. Melisho *et al.* (2012), avaliaram os efeitos da irrigação deficitária sobre as características físico-químicas dos frutos de romã e observaram que o estresse moderado provocou redução no tamanho dos frutos e algumas mudanças na cor e na composição química, que anteciparam o amadurecimento. Mas não verificaram a correlação entre a intensidade da cor do arilo e o conteúdo de compostos fenólicos totais. Concluíram que

o déficit na fase final de crescimento dos frutos influenciou mais o tamanho final dos mesmos do que as suas características químicas.

Intrigliolo *et al.* (2013) avaliaram o déficit contínuo e regulado sobre a cultivar Mollar de Elche, durante três ciclos consecutivos, e verificaram que o rendimento foi semelhante entre as plantas controle (100% ETc) e as irrigadas com déficit sustentado. Observaram redução no peso médio da fruta fresca para o tratamento SDI, no entanto, essa redução foi compensada por um aumento na quantidade de frutos por planta. Perceberam ainda que a estratégia de RDI na fase de floração e frutificação foi ainda mais conveniente para a cultivar estudada, pois não afetou o valor comercial dos frutos em virtude do tamanho.

No entanto, alguns trabalhos obtiveram resultados diferentes, afirmando que em longo prazo, o déficit de irrigação pode apresentar resultados tão positivos quanto a irrigação plena, devido à adaptação da planta ao regime de irrigação deficitário. Centofanti *et al.* (2017) observaram que após dois anos submetidas ao déficit, romãzeiras da cultivar Wonderful, não sofreram impactos significativos em seu rendimento e na cor do fruto, pH, concentração de sólidos solúveis, compostos fenólicos totais, compostos de antocianina e não antocianina e elementos minerais, mesmo na condição de maior estresse que foi a reposição de apenas 35% da ETc.

Parvizi *et al.* (2016) estudaram os efeitos do molhamento parcial de raízes e o déficit contínuo (50 e 75% da ETc), na região sul do Irã, durante dois anos. Verificaram maior condutância estomática, fotossíntese líquida e transpiração nas plantas que receberam a irrigação plena e o estresse hídrico moderado. Concluíram que é possível economizar 25% da necessidade de água de irrigação, utilizando o molhamento parcial de raízes e sem impacto negativo na fisiologia e no rendimento das plantas.

As práticas culturais associadas ao déficit, também promovem alteração no tamanho dos frutos. Cano-Lamadrid *et al.* (2018) avaliaram o efeito da irrigação com 120% ETc e 60% da ETc durante a fase de crescimento e amadurecimento dos frutos de romã das cultivares Wonderful e Mollar de Elche associados ao desbaste de frutos sobre a produtividade e qualidade dos mesmos, e concluíram que a realização do desbaste e a aplicação de apenas 60% da ETc promoveu maior peso e diâmetro de frutos.

Além dos efeitos sobre tamanho dos frutos e produtividade, há estudos indicando que a utilização da irrigação deficitária pode incrementar o teor de sólidos solúveis e dos compostos biotivos da romã. Selahvarzi *et al.* (2017), aplicando RDI e o SDI durante dois anos, identificaram que os frutos provenientes do déficit contínuo apresentaram maiores valores de compostos fenólicos totais e maior atividade antioxidante. No entanto, concluíram que a

estratégia RDI teve mais efeitos positivos na floração e sobre os frutos, com melhor rendimento e produtividade de água do que a outra estratégia avaliada.

Tarantino *et al.* (2020) testaram 100%, 75%, 50% e 25% da ETc sobre romãzeiras da cultivar ‘Wonderful’, e obtiveram maior volume de suco por 100 g de arilo. Os parâmetros de cor do arilo e do suco não apresentaram diferença entre os tratamentos de irrigação. Com relação aos valores de sólidos solúveis, foram incrementados apenas pelo tratamento de déficit severo (25% ETc), chegando aos 18,4 °Brix, enquanto a média dos demais foram semelhantes entre si, em torno de 17,3 °Brix. A restrição de 50% da necessidade hídrica promoveu um aumento significativo nos valores de acidez titulável, vitamina C, glicose e frutose.

No intuito de economizar ainda mais água no cultivo da romã sem impactos negativos à produção e qualidade dos frutos, os pesquisadores estão começando a testar o déficit associado a diferentes sistemas de irrigação, a exemplo do trabalho realizado por Zhang *et al.* (2017), nos pomares da Califórnia, cuja romãzeira foi submetida ao déficit de irrigação por gotejamento em superfície e gotejamento subterrâneo. Os autores perceberam maior economia de água e menor impacto do déficit sobre o tamanho dos frutos, para os tratamentos de irrigação subterrânea. Também observaram redução significativa da copa das árvores com a aplicação do déficit mais severo (35 e 50% ETc). Outra prática que pode contribuir ainda mais com economia de água é o uso da cobertura morta, uma vez que diferentes tipos de cobertura morta podem ser considerados para reduzir as perdas de água por evaporação do solo. Volschenk (2020) relatou que o bagaço de oliveira como cobertura morta, aumentou a produtividade e diminuiu o uso de água no pomar.

Em algumas regiões, não só a quantidade como a qualidade da água disponível para agricultura são fatores limitantes ao desenvolvimento da atividade produtiva e a expansão das culturas. Nessa perspectiva, a romãzeira vem sendo estudada para analisar qual o seu nível de tolerância ao estresse salino, por meio da água de irrigação. A exemplo de Olmo *et al.* (2019), em um estudo com cultivares de romã e níveis de salinidade da água de irrigação na Espanha, concluíram que a tolerância varia em função da cultivar utilizada.

Jadidi *et al.* (2020) submeteram cultivares de romã a irrigação com solução de cloreto de sódio (NaCl) em diferentes concentrações e concluíram que a romã é relativamente tolerante à salinidade e o valor limite de salinidade para cultivares de romã pode estar entre 3 e 6 dS m⁻¹ de concentrações de cloreto de sódio na irrigação com água.

Sendo assim, percebe-se que a irrigação deficitária quando aplicada na fase fenológica que não é crítica, na intensidade e pela estratégia mais adequada para a cultivar e região em que se está produzindo romã, pode ser considerada como uma ferramenta para aumentar a

produtividade de água da cultura e a eficiência no uso dos recursos hídricos na agricultura, principalmente em regiões em que esse é um fator restritivo à produção, como as regiões áridas e semiáridas; e ainda como estratégia para a obtenção de frutos com as características desejadas pelo produtor, com base no mercado que ele pretende atender.

Entretanto, a realização de ensaios com a romã deve continuar avançando para consolidar, incrementar ou até mesmo contradizer o que já foi descoberto até o momento, pois de acordo com o que já foi apresentado até aqui, também afirmado por Adiba *et al.* (2020), os resultados dos efeitos do déficit hídrico sobre a romã ainda são ambíguos.

Volschenk (2020) afirma que os resultados são variáveis com diferentes sistemas e diferentes cultivares, nos diferentes países, logo os resultados de um estudo não pode, simplesmente, ser transferido para outra área, onde as condições e tipos de cultivares podem não ser os mesmos. Portanto, é necessário prosseguir com pesquisas nas condições locais. Esse autor reforça ainda a importância de uma gestão mais habilidosa dos recursos hídricos, que são naturalmente limitados e de baixa qualidade em muitas regiões áridas e semiáridas, pois além dessas limitações com relação à disponibilidade hídrica atual, é fundamental pensar no contexto de mudanças climáticas que as pesquisas tem apontado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições experimentais e do pomar

A pesquisa foi realizada de 16/09/2020 a 16/03/2021, em uma fazenda (9° 23' S; 40° 30' W; 380 m de altitude), no lote nº 1358 do Núcleo 10 do perímetro irrigado Senador Nilo Coelho, que está situado no Submédio do Vale do São Francisco, município de Petrolina-PE, cuja classificação climática, BSw^h, que significa semiárido quente, de acordo com Köeppen (TEXEIRA, 2010).

Foram utilizadas romãzeiras da linhagem nº 12 (Embrapa Semiárido), com oito anos de idade, cultivadas em camalhões, com espaçamento de 4,0 x 2,0 m.

O material vegetal remanescente da poda foi mantido nas linhas de plantio, como estratégia de conservação do solo.

O solo utilizado, por sua vez, era de textura areia franca, com valor médio de matéria orgânica, de pH e de Mg²⁺, de teor de fósforo adequado para sua textura e valores elevados de K⁺, Ca²⁺ e saturação por bases.

Tabela 1 Caracterização físico-hídrica do solo cultivado com romãzeira, da linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo coelho, em Petrolina-PE.

Granulometria g kg ⁻¹			Argila disp. em água g kg ⁻¹	Água útil kg kg ⁻¹	Densidade kg dm ⁻³		Classe textural
Areia	Silte	Arg.			Real	Apar.	
863	86	51	10	0,5	2,86	1,55	Areia franca

Tabela 2 Caracterização química do solo da área cultivada com romãzeira da linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo coelho, em Petrolina-PE.

pH	C.E/25°C	Complexo sortivo (cmol _c dm ⁻³ /T.F.S.A.)									V%	mg dm ⁻³		g kg ⁻¹	
		1:2,5	dS m ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S.B.	H+Al	CTC		Al ³⁺	S	P	C
H ₂ O	CaCl ₂	EXTSAT.	O												
6,3	NS*	1,10	5,1	1,0	0,08	0,43	6,57	0,66	7,23	0,00	91	NS*	96,04	13,9	24

O manejo da sanidade das plantas e da fertilidade do solo foram efetuados pelo produtor. Os fertilizantes utilizados foram sulfato de potássio, nitrato de cálcio e MAP. Ao longo do ciclo a quantidade aplicada totalizou 23 kg ha⁻¹ de N, 14 kg ha⁻¹ de P e 150 kg ha⁻¹ de K, por fertirrigação e parcelados em frequência quinzenal.

3.2 Tratamentos de irrigação e variáveis meteorológicas

A irrigação foi efetuada por sistema de gotejamento, linha dupla, com 8 emissores por planta, vazão média do emissor de 2,4 L h⁻¹, a cada dois dias. O coeficiente de uniformidade de distribuição da água (CUD) foi de 92%, e a eficiência de aplicação estimada (Merriam e Keller, 1978) de 82%, de acordo com teste de vazão realizado antes de iniciar o trabalho. Seguindo o calendário de irrigação da fazenda, as irrigações foram efetuadas sempre as segundas, quartas e sextas-feiras.

Quatro tratamentos de irrigação foram considerados para o estudo, para definir a melhor estratégia de irrigação para a romãzeira e economia de água, são eles:

L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀).

L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀.

L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀.

LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP.

A seguir, na Tabela 3, podem ser observadas as lâminas brutas aplicadas em cada tratamento ao longo do ciclo da cultura.

Tabela 3 Lâminas de irrigação aplicadas para cada tratamento durante o ciclo produtivo de romãzeiras da linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo coelho, em Petrolina-PE.

Tratamentos	Lâmina aplicada	Lâmina aplicada	Lâmina aplicada
	(mm) 0-18DAP	(mm) 19-180DAP	(mm) 0-180DAP
L50	131,70	298,48	430,1914
L75	131,70	444,80	576,5066
L100	131,70	588,10	719,8118
LF	131,70	935,12	1066,832

L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP.

A imposição do déficit de irrigação ocorreu a partir dos 19 dias após a poda (DAP), marcando o início do experimento no dia 16/09/2020.

A partir desta data, foi efetuado o monitoramento do potencial mátrico do solo, por meio de tensiômetros instalados na profundidade de 35 cm, com três repetições por tratamentos. O potencial foi medido a partir de um tensímetro digital de agulha, em todos os dias de irrigação antes de inicia-la.

No experimento foram obtidos os dados de temperatura e de umidade do ar por Termo-higrômetro (modelo HMP45CL45-PT, marca Campbell), da radiação solar global por Piranômetro, (modelo LP02-L12-PT, Campbell) e da velocidade do vento a 2 m da superfície por Anemômetro (03002-L45, Campbell). Esses equipamentos foram interligados a um coletor e armazenador de dados (Datalogger CR800 Campbell), com leituras realizadas num intervalo de 1 segundo e armazenados os valores médios a cada 15 minutos. De acordo com ALLEN *et al.* 1998, foram calculados o déficit de pressão de valor do ar e Evapotranspiração de referência (ET_0) utilizando a equação de Penman-Monteith. Na Figura 1 estão apresentados os dados micrometeorológicos ao longo estudo.

Foi efetuada uma análise de regressão entre a ET_0 obtida na área do experimento e a ET_0 da estação meteorológica da EMBRAPA semiárido, situada em Bebedouro, a qual encontrava-se a aproximadamente 20 km de distância do lote onde o trabalho foi conduzido.

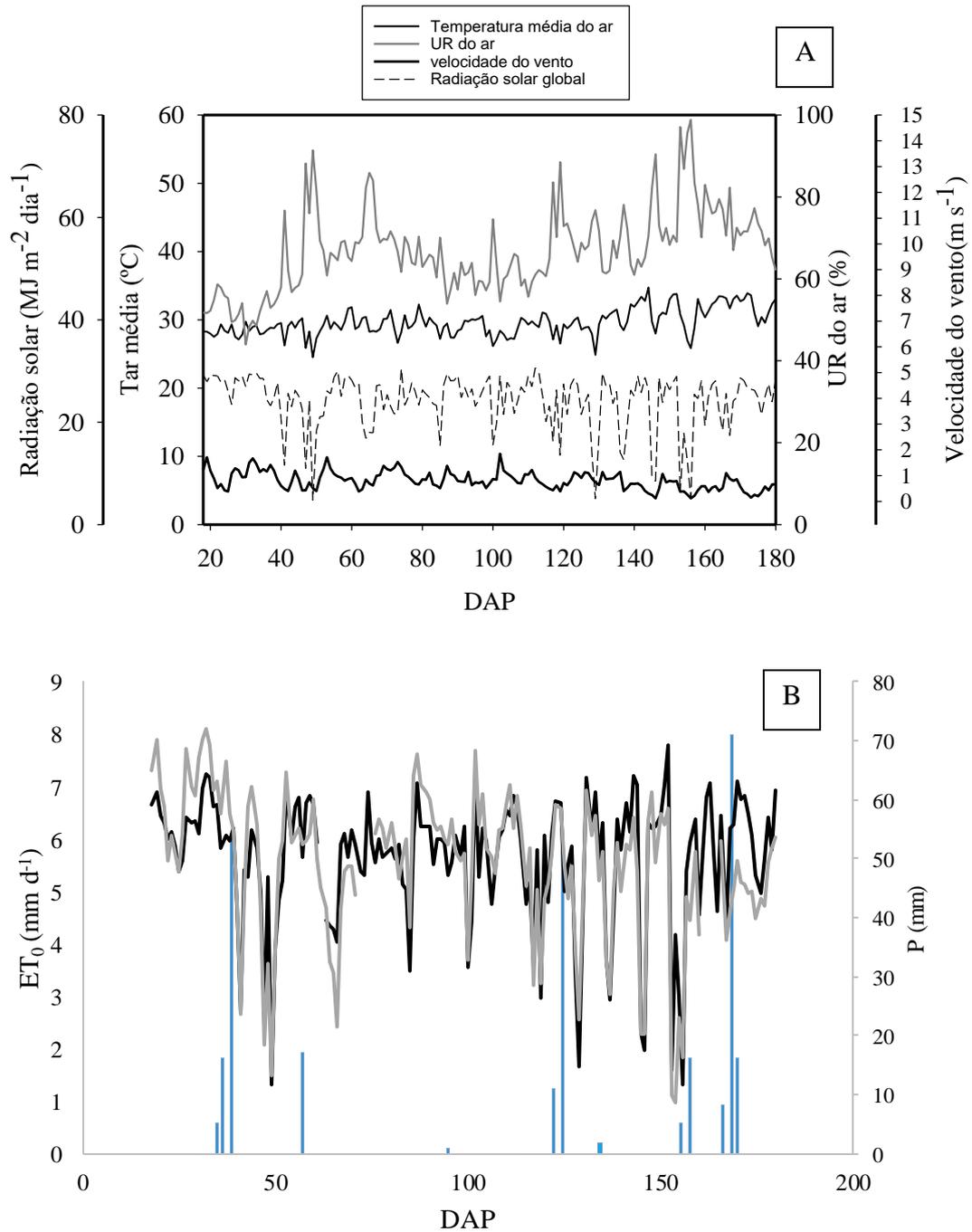


Figura 1 Temperatura do ar média (°C), Precipitação (mm); Radiação solar global, Umidade relativa do ar (%) e Velocidade do vento (m s⁻¹) (A); Variação da Evapotranspiração de referência (ET₀) e eventos de precipitação obtidos na área experimental (B), entre os 19 e 180 dias após a poda (DAP), observados ao longo dos dias após a poda (DAP) da romãzeira, linhagem n° 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho em Petrolina-PE. 2020-2021.

3.3 Variáveis morfofisiológicas avaliadas

Foram estudadas as respostas morfológicas e fisiológicas da romãzeira sob diferentes estratégias de irrigação. As morfológicas por mensuração, aos 35, 51, 63 e 79 DAP, da altura das plantas (m), diâmetro (m) e volume da copa (m³), aos 100 e aos 126 DAP, como também seu efeito sobre o florescimento, por meio da contagem dos botões florais, flores e frutos. A área foliar de 20 folhas por planta (Nasrabadi *et al.*, 2020) foi avaliada a partir dos 60 dias após a poda.

Quanto às respostas fisiológicas, houve a determinação do teor de prolina livre nas folhas (BATES *et al.*, 1973) aos 92 DAP; da taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); a condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); a transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e a concentração interna de CO₂ (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), aos 105 DAP, utilizando o analisador de gás por infravermelho (IRGA) do modelo Wallz GFS3000. A partir desses dados, foi possível quantificar a eficiência no uso de água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$]. O potencial de água na folha ao meio dia também foi avaliado, aos 87 DAP, por câmara de Scholander (SHOLANDER 1965). Os ramos previamente selecionados (no lado oeste da planta) e cobertos com alumínio, foram coletados e acomodados em caixa térmica. Após a coleta de todas as amostras, procedeu-se com as avaliações de potencial de água no ramo. Foram avaliados também aos 37, 51, 70, 84, 92 e 113 DAP, o índice relativo de clorofila a e b, com clorofilometro digital clorofiLOG FALKER.

Com relação às características agrônômicas, foram mensuradas a partir dos resultados das colheitas semanais, realizadas entre os 140 e 180 DAP. Desse modo, foram quantificados: massa total de frutos por planta, kg planta⁻¹; número de frutos planta⁻¹; massa média de frutos planta⁻¹.

3.4 Fases fenológicas e avaliações de produção e qualidade pós-colheita

O período entre a emissão da gema reprodutiva a abertura floral (florescimento) durou cerca de 20 dias, enquanto o período entre a abertura floral e a maturação dos frutos foi de aproximadamente 113 dias (frutificação). As colheitas das romãs foram efetuadas em 6 datas, aos 140, 147, 154, 161, 168 e 180 DAP. A partir dessas colheitas foram quantificados o número e a massa total de frutos por plantas, e assim foi estimada a produtividade da romãzeira considerando 1250 plantas ha⁻¹.

Aos 140 dias após a poda (DAP), quando os frutos começaram a atingir o ponto de maturação foram colhidos e selecionados 5 frutos na planta central de cada parcela

experimental. Os mesmos foram identificados e acomodados em caixa térmica para serem levados a laboratório especializado para determinação dos teores de antocianinas, carotenoides (SIMS & GAMOM, 2002), compostos fenólicos (LARRAURI; RUPÉREZ; SAURACALIXTO, 1997) e taninos (FRANCIS, 1982). Outros 5 frutos por parcela experimental foram destinados às análises de pós-colheita. Estes foram acondicionados em contentores e levados ao laboratório de armazenamento de produtos agrícolas (LAPA), da Universidade Federal do Vale do São Francisco, para proceder com a avaliação das características agrônomicas e físico-química dos mesmos.

Os frutos, por sua vez, foram avaliados quanto a: massa fresca de frutos (g); diâmetro transversal e longitudinal (comprimento desconsiderando-se o cálice), utilizando paquímetro digital e expresso em mm; rendimento de arilo (%) e de casca (%), a partir da relação entre a massa total e a massa destas partes dos frutos; firmeza da casca (N), utilizando penetrômetro digital (PTR-300); Índice de diferença de absorbância (índice DA) da casca, por meio de espectrofotômetro portátil (DA-meter®, Turoni, Itália), conforme proposto por Costa et al., (2010) cor da casca e cor da polpa a partir de um colorímetro digital portátil da marca Konica Minolta DP-400, pela medição dos parâmetros: L*, luminosidade; a*, cromaticidade no eixo da cor verde (-) para vermelha (+); e b*, cromaticidade no eixo da cor azul (-) para amarela (+); Teor de sólidos solúveis totais (SST), expresso em °Brix, utilizando-se refratômetro (Hanna – HI 96804); acidez titulável (AT), expressa em % de ácido cítrico, por titulação utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH 0,1M), e fenolftaleína a 1% como indicador (IAL 2008); pH a partir de um phmetro medidor de pH de bancada (MYLABOR) e a *ratio*, como resultado do quociente entre SST/AT.

Por fim, com base dos resultados de produção e nas lâminas acumuladas de irrigação, foi estimada a produtividade de água da romãzeira, pela relação entre a produção e as lâminas aplicadas em cada tratamento.

3.5 Delineamento estatístico e análises de dados

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições por tratamento. Cada parcela tinha quatro fileiras, com cinco plantas cada, sendo considerada como unidade experimental a planta central.

No caso das variáveis avaliadas mais de uma vez, isto é, ao longo dos dias após a poda, para análise estatística, os DAP tornaram-se uma fonte de variação também, e foram utilizadas

na análise para uma melhor compreensão sobre os impactos dos tratamentos de irrigação sobre as variáveis ao longo do tempo.

Desse modo, o efeito da diferenciação do manejo da irrigação sobre a romãzeira foi avaliado por análise de variância e, quando significativos, analisados por regressão, escolhendo-se o modelo que melhor se ajustou aos dados, tendo em vista os coeficientes de determinação r^2 e r^2 ajustado, o valor do teste F da análise de variância, utilizando o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Condições meteorológicas, água aplicada, status hídrico e trocas gasosas da romãzeira

A regressão entre a ET_0 obtida na área do experimento e a ET_0 da estação meteorológica da EMBRAPA semiárido, situada em Bebedouro, a qual encontra-se a aproximadamente 20 km de distância do lote onde o trabalho foi realizado, pode ser obtida por meio da equação apresentada na Figura 2. Observa-se que os valores de ET_0 da Fazenda estimada pelos dados da estação meteorológica de Bebedouro foram ligeiramente inferiores, com subestimativa de 0,24%. Podendo ser utilizada essa equação para estimar a demanda atmosférica de água na área comercial (Fazenda), ao longo do ano, quando não houver disponibilidade de dados micrometeorológicos locais, o que pode auxiliar posteriormente o produtor no manejo de irrigação.

Na figura 1B pode ser observada a variação dos dados de ET_0 , fazenda e estação meteorológica da Embrapa Semiárido em Bebedouro, ao longo dos dias após a poda da romãzeira; onde verifica-se similaridade de resultados e valores variando de 1,32 a 7,27 mm dia⁻¹.

Os menores valores de ET_0 (menores que 2 mm) registrados ocorreram em virtude de precipitação (Figura 1B) e/ou intensa nebulosidade. Como esperado para este período do ano (outubro e novembro) na região, percebe-se maior demanda atmosférica até os 60DAP, consequência dos maiores valores de déficit de vapor (Figura 1A), coincidindo com a fase de florescimento. Entre os 65 e 180 DAP, quando prevalecia a fase de frutificação, crescimento e amadurecimento de frutos, a ET_0 se manteve entre os 5 e 6 mm, de modo geral.

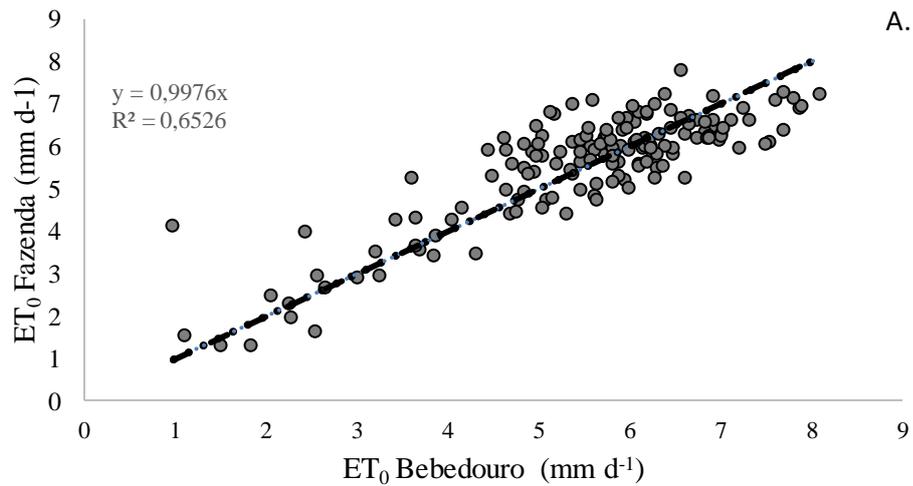


Figura 2 Relação entre Evapotranspiração de referência (ET_0) da estação meteorológica de Bebedouro da Embrapa Semiárido e da ET_0 na Fazenda no Perímetro Irrigado Nilo Coelho, N10, Petrolina-PE. 2020-2021.

Na Figura 3 encontram-se a quantidade de água aplicada a cada irrigação, acumulada e a redução de lâmina aplicada quando comparada a irrigação da Fazenda ao longo dos dias após a poda da romãzeira linhagem nº 12, dos 19 aos 180 DAP, em Petrolina-PE, bem como, a variação do potencial mátrico em função das diferentes estratégias de irrigação adotadas (Figura 4). As lâminas de irrigação aplicadas na Fazenda foram sempre superiores, resultando em maiores valores acumulados de lâmina bruta e uma redução significativa de uso de água (Figura 3C) pelo emprego das demais estratégias de irrigação (repondo a água no solo com base em 50,75 e 100% ET_0), destacando-se o uso da L50 com economia de água de 603 mm, o que representa uma redução de 60% do volume utilizado ao longo do ciclo pela irrigação praticada na fazenda (LF).

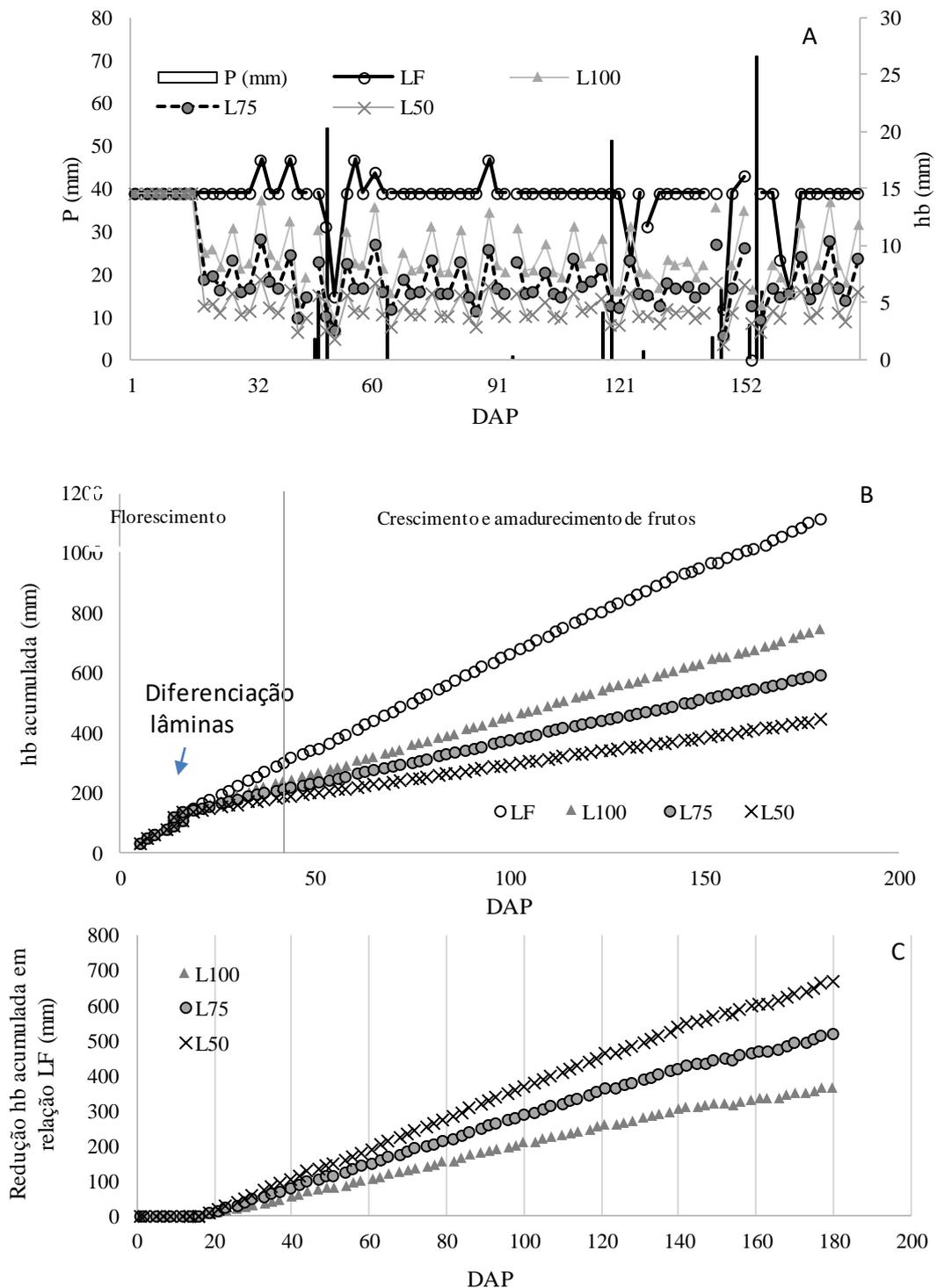


Figura 3 Precipitação e lâminas aplicadas a cada irrigação (A), lâmina bruta acumula e redução das lâminas de irrigação aplicadas em função das estratégias de irrigação, irrigação ao longo dos dias após poda da romãzeira e em relação a irrigação efetuada na Fazenda, no Perímetro Irrigado Nilo Coelho, N10, Petrolina-PE. 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua

programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

É possível observar que o acúmulo do déficit hídrico no decorrer da aplicação restritiva de água, resultou em diminuição gradual do potencial hídrico do solo, exceto em dias posteriores e/ou com precipitações, nestes houve um aumento do potencial mátrico do solo independente da estratégia de irrigação adotada, alterando o padrão das tendências de acordo com as lâminas aplicadas até 10 dias após as precipitações.

Os valores de potencial mátrico no solo variaram de $-0,50$ a $-37,90 \text{ kPa}$ (para a irrigação efetuada com base em 100% da ET_0) e de $-0,33$ a $-14,25 \text{ kPa}$ com manejo de irrigação de acordo com programação da fazenda (LF), os potenciais mátricos do solo foram, na maior parte do tempo, menos negativos que o potencial na capacidade de campo (-10 kPa), especialmente ao se utilizar a LF, ao longo de todo o ciclo da romãzeira (da poda a colheita final), indicando que a aplicação de água foi excessiva e desnecessária (LF), ou superior a demanda da cultura, podendo ter sido perdida por percolação profunda, embora não tenha se avaliado.

A maior extração de água pelas plantas foi observada entre os 77 e 150 DAP, quando prevalecia fase de crescimento dos frutos (Figura 4), em decorrência do maior consumo hídrico da romãzeira nesta fase e da demanda atmosférica elevada (Figura 1B). Na Figura 5 pode ser observada a variação no armazenamento de água no solo, em função das lâminas de irrigação aplicadas e dos DAP,

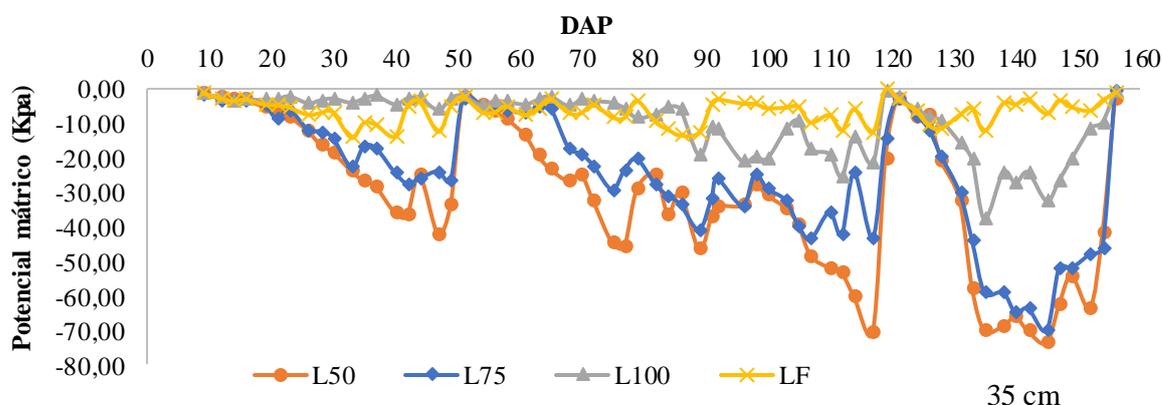


Figura 4 Potencial mátrico do solo cultivado com romãzeiras da linhagem nº12, na profundidade de 35cm, em função das estratégias de irrigação (L50, L75, L100 e LF) e dos dias

após a poda, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referência (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

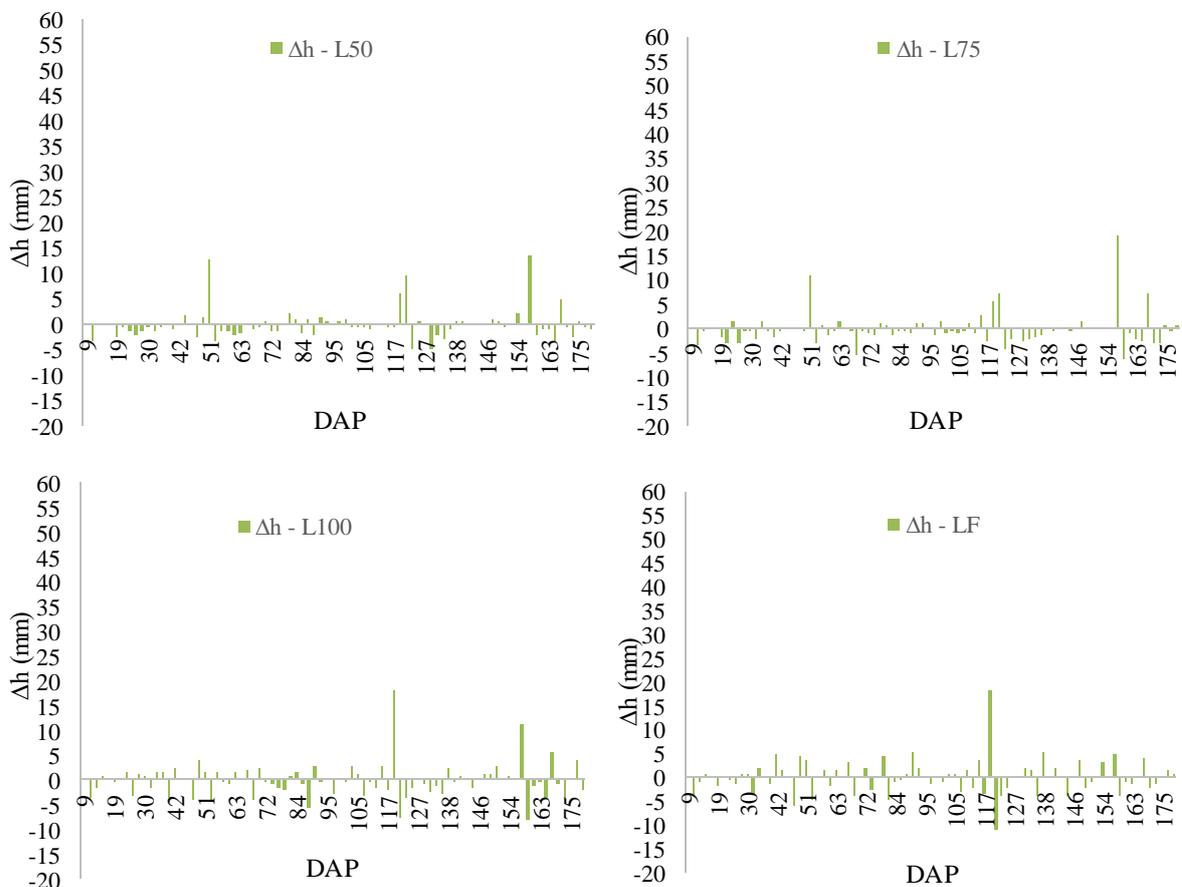


Figura 5 Variação de armazenamento de água no solo cultivado com romãzeiras da linhagem nº12, na profundidade de 35cm, em função das estratégias de irrigação (L50, L75, L100 e LF) e dos dias após a poda, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referência (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando

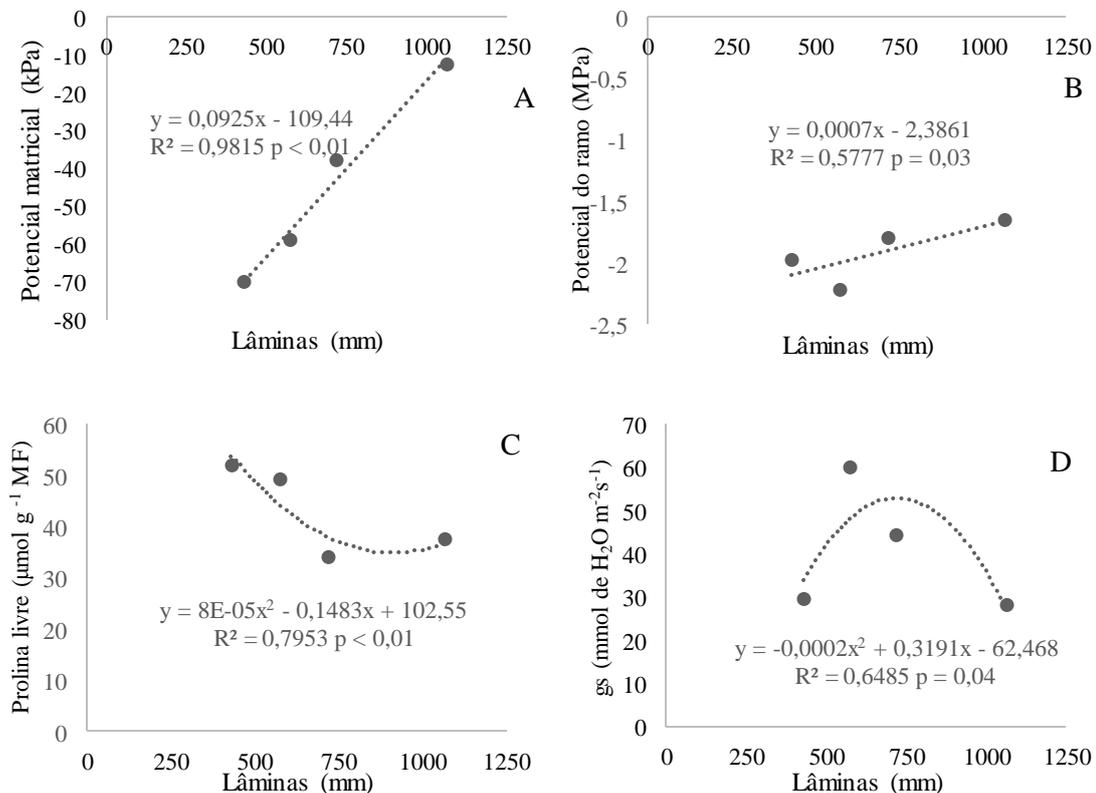
de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

O potencial mátrico do solo e o potencial hídrico do ramo, o teor de prolina, a transpiração (E) e a condutância estomática (gs) da cultura da romã, foram influenciadas significativamente pelas estratégias de irrigação utilizadas (Tabela 4) e os modelos que melhor definem a relação dos fatores sob essas variáveis encontram-se apresentados na Figura 6.

Tabela 4 Resumo da análise de variância para o teor de prolina livre, o potencial mátrico do solo (Ψ_m), o potencial hídrico do ramo (Ψ_{ramo}), a condutância estomática (gs), a taxa de assimilação de CO_2 (A) e a transpiração (E) da romãzeira da linhagem nº12, em função das estratégias de irrigação (L50, L75, L100 e LF% da ET_0), Petrolina-PE, 2020-2021.

FV	Ψ_m Solo	Ψ_{H_2O} Ramo	Teor de prolina	A	E	gs	Ci	EUA	A/Ci
Lâmina	21,24**	5,65*	20,82**	2,98 ^{ns}	4,27*	4,06*	0,380 ^{ns}	0,767 ^{ns}	0,35 ^{ns}
Bloco	0,10 ^{ns}	3,61 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,52 ^{ns}	2,73 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,08 ^{ns}
CV (%)	21,32	9,26	9,58	37,05	36,71	37,08	94,21	23,04	62,13

** Significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.



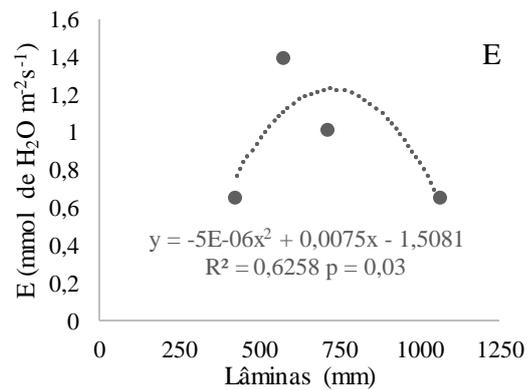


Figura 6 Teor de prolina livre nas folhas aos 92 DAP (A), Potencial mátrico do solo aos 145DAP (B), o potencial de água no ramo aos 87 DAP (C), g_s - Condutância estomática (D) e E-Transpiração (E) aos 105 DAP de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referência (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

Houve uma relação linear e negativa entre o potencial mátrico do solo e as lâminas de irrigação (Figura 6A), com a restrição hídrica os valores ficaram mais negativos, confirmando a redução da disponibilidade de água no solo. O déficits de irrigação contínuos à L75 e L50 resultaram em uma diminuição de 16 e 46% do potencial mátrico do solo cultivado com a romãzeira, respectivamente, aos 145DAP quando comparado a 100% da ET_0 .

A diminuição da disponibilidade de água, em função da estratégia de irrigação adotada promoveu alterações no potencial hídrico dos ramos da romãzeira (Figura 6B) ao meio dia, houve ajuste ao modelo quadrático negativo, o valor mais alto de ψ_{ramo} foi observado em árvores sob irrigação LF, com diminuição gradual sob restrição hídrica, sendo a menor média associado à lâmina de 50% da ET_0 .

Estes resultados são semelhantes aos observados por Intrigliolo *et al.* (2013), cujas romãzeiras apresentaram mínimo potencial hídrico dos ramos de -2,40 Mpa, para estratégia de déficit contínuo com reposição de 50% da ET_c , e de -1,50 Mpa para o tratamento controle (100% da ET_c), cujo conteúdo de água no solo variou entre 85 e 100% da umidade da

capacidade de campo. Vale destacar que, o estresse hídrico provocado pelo excesso de água no solo, também afeta o status hídrico da romãzeira, uma vez que Olmo-Vega *et al.* (2017), verificaram que o fechamento estomático também é utilizado em tais condições, pois houve uma redução acentuada (de -1,2MPa para -3,8 MPa) no potencial hídrico dos ramos da cv. ‘Valenciana’ em condições de solo inundado.

Essas alterações ψ_{ramo} em função de diferenciação de irrigação, especialmente sob o déficit hídrico no solo são respostas das plantas, sinais (hidráulico e não hidráulico) que são translocados para o fluxo de transpiração, passando a atuar na regulação estomática, e consequentemente, na condutância. Dessa maneira, é possível minimizar as perdas de água por transpiração (STOLL *et al.*, 2000; LIU *et al.*, 2006; NOITSAKIS *et al.*, 2016).

É possível verificar uma tendência quadrática para os teores de prolina (Figura 6C), condutância estomática (Figura 6D) e transpiração (Figura 6E) das romãzeiras em função das estratégias de irrigação empregadas. Houve maior acúmulo de prolina nas folhas, decréscimo da condutância e consequentemente redução na transpiração das árvores irrigadas sob estresse hídrico, mas sem efeito sobre a assimilação e concentração interna de CO₂ (Tabela 4). O ponto mínimo de prolina (34,93 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF) foi obtido em folhas de romãzeiras submetidas à irrigação para repor 131,94% da ET₀. Em plantas submetidas ao déficit hídrico severo (L50) ocorreu um incremento de aproximadamente 40% no teor de prolina, quando comparadas a lâmina mínima. Quanto as plantas irrigadas com LF, o teor de prolina foi de 35,84 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF.

Tatari *et al.* (2020), também observaram aumento no teor de prolina decorrente do estresse hídrico. A cultivar ‘M-Saveh’ apresentou um aumento de 20,72% em condições de estresse em relação ao tratamento controle. Olmo-Vega *et al.* (2017), por sua vez, verificaram aumento na concentração de prolina nas folhas, em decorrência do estresse hídrico pelo excesso de água no solo, ao submeter as cv. ‘Valenciana’, ‘Mollar de Elche’ e ‘Wonderful’ à inundação do solo.

A lâmina de irrigação responsável pela maior condutância estomática da romãzeira (52,9 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹) foi a de 98,1% da ET₀, este valor superou em 35% a condutância estomática detectada na romãzeira irrigada sob déficit severo contínuo(L50). Sob irrigação excessiva (LF) foi verificada uma redução de 25,77 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹ em relação à máxima condutância obtida.

Parvizi *et al.* (2016), verificaram redução em torno de 25% da condutância estomática da romãzeira entre a irrigação plena e o déficit de 50%, aos 170 dias após indução floral, isto é, durante a fase de crescimento de frutos.

Olmo-Vega *et al.* (2017), observaram uma redução ainda maior na condutância (em torno de 70 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹) como resposta de cultivares de romãzeira submetida à inundação. Estes autores reportaram também outros efeitos das condições de hipóxia e anoxia no solo, como redução do crescimento vegetativo e na de assimilação líquida de CO₂, o que exerce influência direta no rendimento da colheita, e concluíram que as três cultivares testadas foram sensíveis a inundação, além de não identificarem mecanismos morfológicos, fisiológicos ou bioquímicos de adaptação a tais condições.

A maior condutância estomática associada à lâmina de 98% da ET₀, resultou em uma maior taxa transpiratória também, com máxima de 1,23 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹. O déficit de irrigação moderado (L75) provocou uma redução de 9% na transpiração, porém, a restrição de água a 50%, assim como, o uso de lâmina excessiva (LF), levou a uma redução maior da transpiração foliar, de 39% e 49%, respectivamente, sendo este um dos principais mecanismos da romãzeira para lidar com o estresse hídrico (ADIBA *et al.*, 2020).

Diante de tais resultados, percebe-se que a cultura da romã apresentou habilidade para minimizar a perda de água para atmosfera sob condições de estresse hídrico, como: aumento no teor de prolina, que embora seja influenciado pela cultivar, é por meio do seu acúmulo nas células que o potencial osmótico é ajustado, a fim de diminuir o potencial hídrico das células da folha e a conseqüente perda de água por transpiração (ADIBA *et al.*, 2020; TATARI *et al.*, 2020). É importante destacar que o efeito do estresse hídrico sobre as trocas gasosas, foram conseqüência da disponibilidade de água no solo (Figura 3) e das condições meteorológicas (Figura 1A E 1B) no dia de sua avaliação (105 DAP). No referido dia, a demanda atmosférica chegou aos 5,97 mm, a temperatura do ar média de 27,32 °C, a UR média de 66,11%, a radiação solar foi de 26,62 MJ m⁻²dia⁻¹ e o potencial mátrico do solo encontrava-se em torno de -40 KPa nos tratamentos de déficit, -9,3 KPa para L100 e -5,97 KPa para LF.

4.2 Aspectos morfológicos

As lâminas de irrigação influenciaram estatisticamente apenas o volume de copa e os índices relativos das clorofilas *a* e *b* (Tabela 5). Houve efeito significativo das datas de avaliação, computadas em função dos dias após a poda, sobre todos os parâmetros biométrico, exceto para a área foliar.

Tabela 5 Resumo da variação, da altura da planta (AP) e diâmetro de copa (DC) aos 9 e aos 114 DAP, do volume de copa (VC) aos 100 DAP e 126 DAP, da área foliar (AF) aos 126DAP, do

índice relativo de clorofila *a* (IRCa) e do índice relativo de clorofila *b* (IRCb) aos 37, 51, 70, 84, 92 e 113 DAP, em função de diferentes lâminas de irrigação (LA) e dias após a poda da planta (DAP), para romãzeiras da linhagem nº 12, cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.

FV	AP	DC	VC	AF	IRCa	IRCb
F						
LA	1,132 ^{ns}	3,449 ^{ns}	3,55*	0,88 ^{ns}	44,58**	78,89**
DAP	5,254**	43,094**	4,58*	2,68 ^{ns}	4,56**	3,08*
LA X DAP	0,556 ^{ns}	0,772 ^{ns}	0,106 ^{ns}	2,00 ^{ns}	3,40**	3,85**
Bloco	2,696*	6,244**	2,44 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,85 ^{ns}	10,79**
CV (%)	15,46	6,64	14,81	10,20	4,16	11,73

** Significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

O volume de copa (Figura 5) foi alterado negativamente pela L50, com redução de 17% em relação a lâmina de água de 123,76% da ET₀, responsável pelo maior volume de copa, que foi a e 3,91 m³ de volume. A irrigação por LF, implicou em uma redução bem mais sutil do volume de copa das romãzeiras, apenas 2% menor em relação a lâmina máxima.

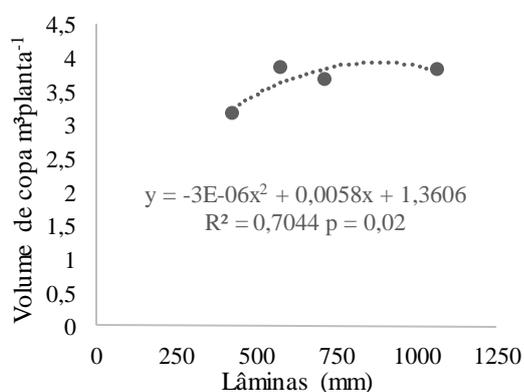


Figura 7 Volume de copa da romãzeira em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referência (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

A área foliar por sua vez, não foi alterada nem pelas lâminas nem pelos DAP, com média em torno de 5 cm² para todos os tratamentos (dados não apresentados). Embora o valor absoluto da altura quando aplicada LF tenha sido cerca de 10% maior do que o verificado nas lâminas deficitárias (L50 e L75), não houve diferença estatística para esta variável (Figura 8). Assim como não foi verificado efeito significativo para o diâmetro de copa, sendo influenciados apenas pelos dias após a poda.

Essa resposta não significativa sobre o crescimento indica a eficiência dos mecanismos de tolerância à seca ou ainda que o tempo de estresse não foi suficiente para influenciar essas características pois mesmo em condições de estresse severo (L50), a romãzeira não teve o crescimento comprometido no período de realização do presente estudo.

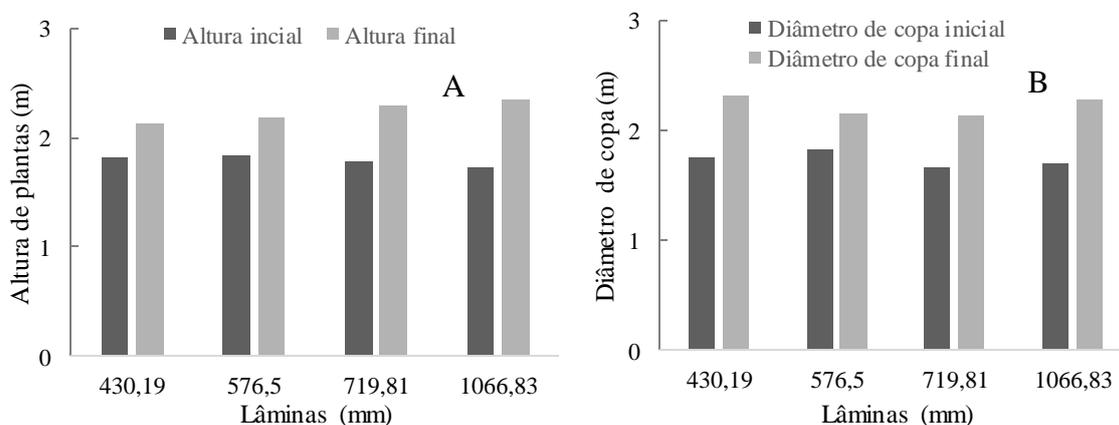


Figura 8 Altura de plantas (A) entre os 9 e 114 DAP, e de diâmetro de copa (B), entre 9 e 64DAP de romãzeiras da linhagem nº 12, submetidas as diferentes lâminas de irrigação, no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE. 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

Estes resultados corroboram com aqueles observados por Adiba *et al.* (2020) para as cultivares Gordo de 'Jativa', 'Greanade Jaune', 'Zheri Automne' e 'Zheri', e que afirmaram ainda que o crescimento vegetativo de algumas cultivares só é influenciado após um ano de déficit. Tatari *et al.* (2020), por exemplo, observaram redução significativa de 4,74% na altura

de romãzeiras cultivadas sob estresse hídrico. Nasrabadi *et al.* (2020), verificaram redução na área foliar, como efeito do déficit contínuo severo (50% da ETc) e moderado (75% da ETc), entre anos de imposição da irrigação deficitária, para as cv. ‘Shishecap’ e ‘Malas-Yazdi’.

Estão apresentadas as expressões gráficas dos índices relativos de clorofila da romãzeira em função das estratégias de irrigação impostas e das avaliações (DAP) (Figura 9). Com incremento dos dias após a poda observou-se maior alteração do IRCa e IRCb, fato este comprovado pela maior curvatura da linha do fator DAP na superfície de resposta. Com relação ao fator lâminas, o IRCa foi maior para as plantas dos tratamentos a L50 e L75 do que das irrigadas com L100 e LF. De um modo geral, houve um aumento deste índice com o passar das avaliações, até os 70 DAP, e a partir de então começou a reduzir, para todas as lâminas. Este aumento com o passar do tempo, seguido de uma redução aos 94 DAP, também foi observado para o IRCb.

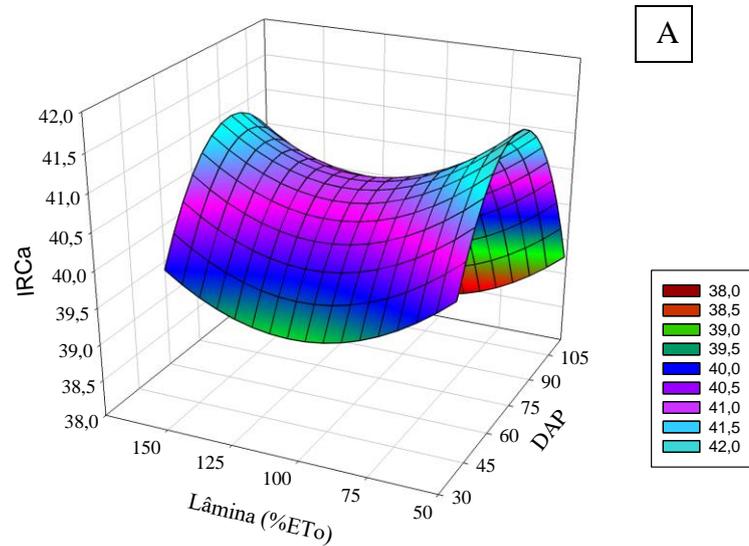
A manutenção dos teores relativos de clorofila, mesmo diante da restrição hídrica imposta, é vantajosa para a planta, pois, como é sabido, esses pigmentos estão diretamente ligados a fotossíntese, de modo que maiores teores de clorofila permitem maior interceptação luminosa, maior taxa fotossintética, contribuindo para a expressão do potencial produtivo da cultura (ADIBA *et al.*, 2020).

As respostas da linhagem nº 12 de romãzeiras levam a indicar uma habilidade da planta, que apesar de ter sofrido estresse hídrico indicado pela redução no potencial hídrico dos ramos, incremento de prolina, diminuição condutância e transpiração, não resultou na diminuição fotossintética.

Resultados divergentes foram observados por Adiba *et al.* (2020) e por Pourghayoumi *et al.* (2017), em que os teores de clorofila *a* e *b* foram influenciados negativamente pelo déficit de irrigação contínuo severo em cultivares de romãzeira. Estes autores inferiram que essa redução é vantajosa na tolerância ao estresse hídrico, pois assim há uma melhor distribuição de luz na copa da planta, minimiza danos fotoquímicos pela absorção de energia luminosa superior a capacidade fotossintética, além de reduzir a carga térmica na copa da planta, logo, menor quantidade de água necessária para resfriamento das folhas.

$$\text{IRCa} = 37,57*+0,1838x\text{DAP} - 0,0587 \times L - 0,0013 \times \text{DAP}^2+0,0003 \times L^2$$

$$\text{Rsqr}= 0,1106$$



$$\text{IRCb} = 90,7601/\left(\left(1+\left(\frac{\text{DAP}-90,33*}{62,00*}\right)^2\right)\right) \times \left(1+\left(\frac{L-(-4177,16)}{2054,15}\right)^2\right)$$

$$\text{Rsqr}= 0,6387$$

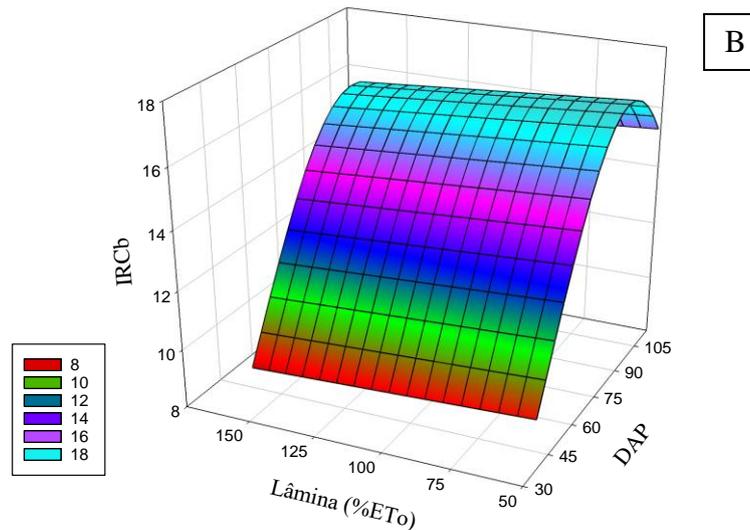


Figura 9 Superfície de resposta do índice relativo de clorofilas *a* (A) e *b* (B), ao longo dos dias após a poda (DAP) e das lâminas de irrigação aplicada no cultivo das romãs da linhagem nº 12, no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referência (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

4.3 Componentes de florescimento e frutificação

A interação entre as lâminas de irrigação aplicadas e os DAP influenciaram significativamente o florescimento e a frutificação da romãzeira, apesar das lâminas não terem influenciado isoladamente o número médio de botões e de flores para as datas avaliadas, as lâminas promoveram efeito significativo sobre o número de frutos (Tabela 6).

Tabela 6 Quadro de ANAVA do número de botões florais, número de flores e número de frutos em função de diferentes lâminas de irrigação aplicadas (L50, L75, L100 e LF) e dos (42,56, 72, 86, 98, 116 DAP) dias após a poda das plantas (DAP), em romãzeiras da linhagem nº 12 cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.

FV	Nº de Botões	Nº Flores	Nº Frutos (Fixação)
LA	0,456 ^{ns}	0,612 ^{ns}	15,802 ^{**}
DAP	17,14 ^{**}	18,712 ^{**}	60,363 ^{**}
LA X DAP	2,826 ^{**}	1,223 ^{ns}	0,840 ^{ns}
Bloco	1,972 ^{ns}	1,488 ^{ns}	7,665 ^{**}
CV (%)	46,07	53,34	30,49

** Significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

Na Figura 10, são apresentados os valores médios de botões florais (42 e 56 DAP) e média de frutos em função das lâminas de irrigação, onde verificou-se uma relação quadrática, pois de um modo geral o incremento da lâmina de água resultou em menores médias por planta.

Foi observada diferença para o número de botões, na primeira avaliação aos 42 DAP (Figura 10A), quando a lâmina mínima foi a de 154,1%ET₀, cuja média de botões foi 55,96, enquanto a restrição de 50% da ET₀, resultou em uma média de 119,9 botões; e aos 56 DAP (Figura 10B), a L50 também superou significativamente a L154, com 23% de botões florais e o menor número de botões (61,26) sob lâmina de irrigação de 108% da ET₀.

No decorrer das demais avaliações, 72, 86 e 116 DAP (Figura 10), o número de botões foi semelhante entre as lâminas. No entanto, a frutificação na romãzeira foi favorecida pelo déficit de irrigação (L50 e L75), uma vez que a média de frutos (Figura 10C), superou os tratamentos L100 e LF. De acordo com Silva *et al.* (2009), o déficit hídrico regulado, com suspensão de irrigação por 60 dias na fase de crescimento, foi eficaz na uniformização do florescimento do cafeeiro, pois o estresse induziu a quebra da dormência das gemas reprodutivas com consequente sincronização da florada e esta foi associada a alta produção.

Também houve ajuste ao modelo de regressão quadrática, para o número médio de frutos para todas as datas de avaliação (Figura 11C) com ponto mínimo de número de frutos (70,57) ao ser utilizada a lâmina de irrigação de 135,17 % ET₀, que provocou uma redução de 42,53 % quando comparada ao uso da L50.

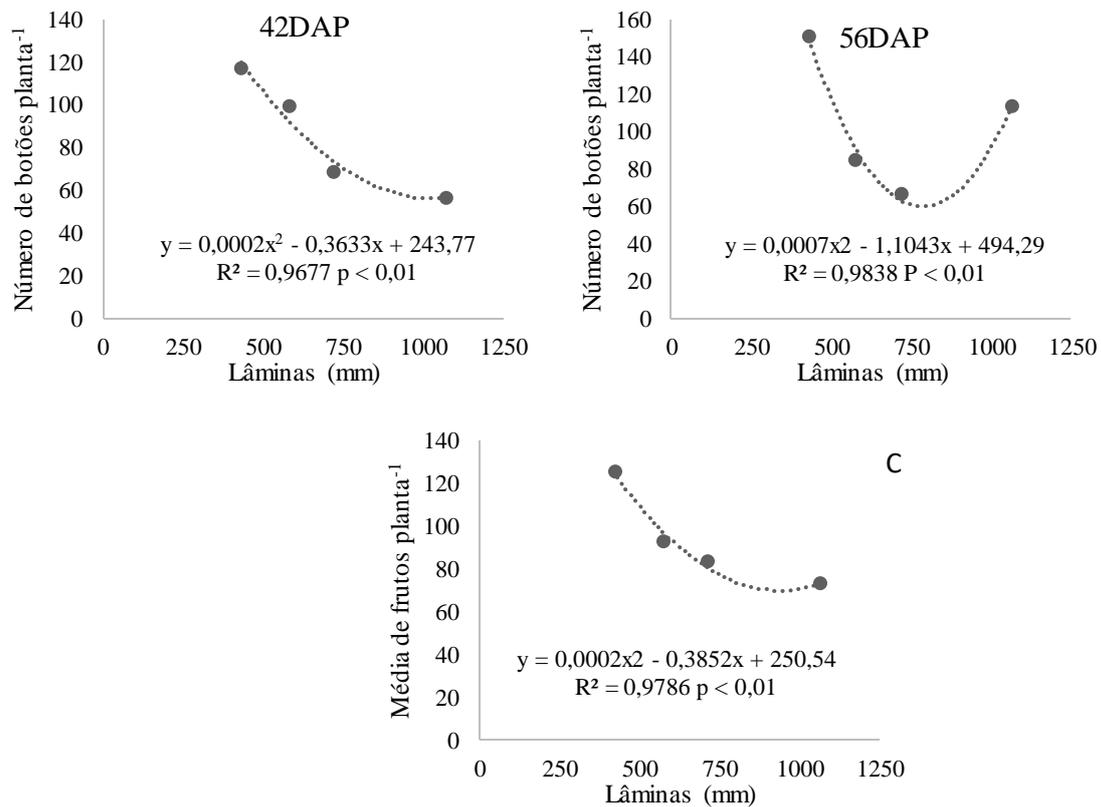


Figura 10 Número de botões florais, aos 42 e 56 DAP, e média de frutos até os 116 DAP, em função das lâminas de irrigação aplicadas no cultivo da romãzeira linhagem nº 12, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

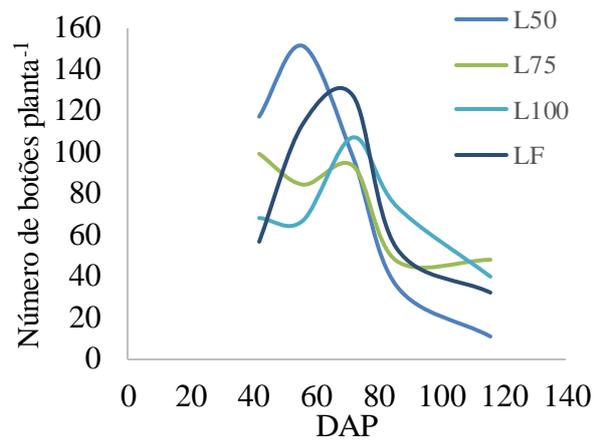


Figura 11 Número de botões florais, aos 42, 56, 72, 86 e 116 DAP, em função das lâminas de irrigação aplicadas no cultivo da romãzeira linhagem nº 12, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

A diferenciação das lâminas de água no cultivo da romãzeira foi mais limitante com o avanço dos dias após a poda da romãzeira para a frutificação da planta (Figura 12), fato este comprovado pela maior curvatura da linha do fator lâminas calculadas com base na ET_0 na superfície de resposta, pois, apesar do aumento no número de frutos ao longo dos DAP ter ocorrido para todos os tratamentos, as árvores que foram irrigadas sob déficit hídrico contínuo e severo (L50 – 50% da ET_0) destacaram-se com maior média de frutos em todas as datas, chegando a apresentar o dobro de frutos das manejadas com irrigação pela lâmina da fazenda.

Tais resultados corroboram com aqueles obtidos por Intrigliolo *et al.* (2013) que verificaram um aumento significativo no número de frutos de romã sob a condição de déficit hídrico contínuo. Os valores encontrados superaram os reportados por Selahvarzi *et al.* (2017), que colheram 94,95 para o tratamento de déficit contínuo, aplicando 50% da ET_c ao longo de todo o ciclo, e 110 frutos para o tratamento controle (100% da ET_c), no primeiro ciclo com o restrição hídrica.

$$Nf = 113338,42 \times \exp \left(-0,5 \times \left(\left(\frac{DAP-103,28}{35,7895} \right)^2 + \left(\frac{L-(-2611,42)}{741,79} \right)^2 \right) \right)$$

$$Rsqr = 0,6542$$

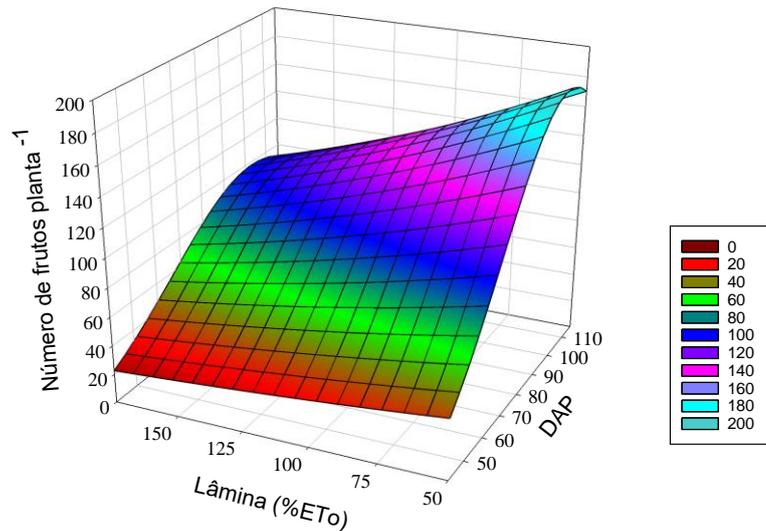


Figura 12 Superfície de resposta para número médio de frutos (fixação) em romãzeira da linhagem nº 12 aos 42, 56, 72, 86 e 116 DAP em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia^{-1} , às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

4.4 Componentes de produção

Na Tabela 7 pode ser observado o efeito significativo ($p < 0,01$) da diferenciação das lâminas de irrigação sob o número de frutos comerciais colhidos por planta, massa total de frutos por planta e produtividade da cultura, porém não foi verificada alteração na massa média de frutos por planta.

Na Figura 13A é possível observar a curva de produção da romãzeira em função das lâminas de irrigação estudadas, com ajuste ao modelo quadrático de regressão. Houve efeito gradativo crescente da produção com o aumento da disponibilidade hídrica, tendo como pico a lâmina de 517,35mm (76% da ET_0), a qual proporcionou máxima massa total de frutos por

planta ($12,65 \text{ kg planta}^{-1}$) e em seguida uma tendência de redução com incremento da lâmina de irrigação aplicada.

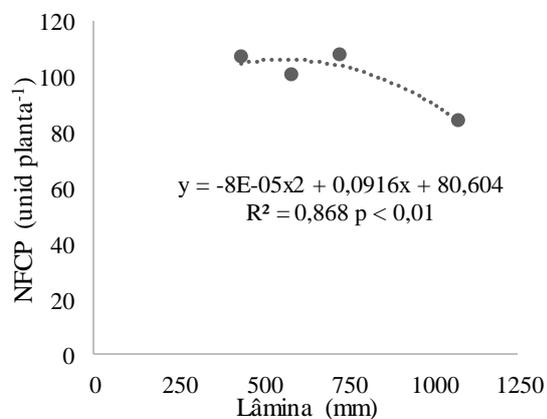
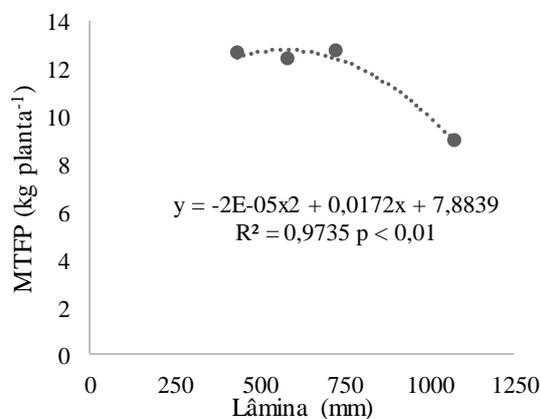
Tabela 7 Quadro de ANAVA para massa total de frutos por planta (MTFP), número de frutos comerciais por planta (NFCP) e massa média de frutos por planta (MMFP), sob diferentes estratégias de irrigação, Petrolina-PE, 2020-2021.

FV	MTFP	NFCP	MMFP	Produtividade da cultura
Lâmina	23,94**	9,0848**	2,7016 ^{ns}	5,560*
Bloco	16,98**	12,256**	2,8430 ^{ns}	7,307**
CV (%)	0,30	1,78	8,15	14,56

** Significativo a 1%; * significativo a 5%; ns não significativo pelo teste F.

As estratégias de economia de água, com déficit hídrico contínuo (L50 e L75), que promoveram economia de $6366,40$ e $4903,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de água em relação a LF, resultaram em valores de MTFP próximos aos estimados para lâmina máxima, uma vez que suas médias foram 2% e 1% menores que a máxima. Enquanto a LF, por sua vez, conduziu a uma redução de 25% na massa total de frutos por planta, o que indica menor tolerância da romãzeira ao excesso de água no solo, do que à restrição.

Intrigliolo et al. (2013), também observaram incremento no rendimento da romãzeira ‘Mollar de Elche’ sob déficit contínuo de irrigação, chegando a uma média de $37,4 \text{ kg planta}^{-1}$ (irrigação plena) e $41 \text{ kg planta}^{-1}$ para irrigação deficitária (50% da ETc).



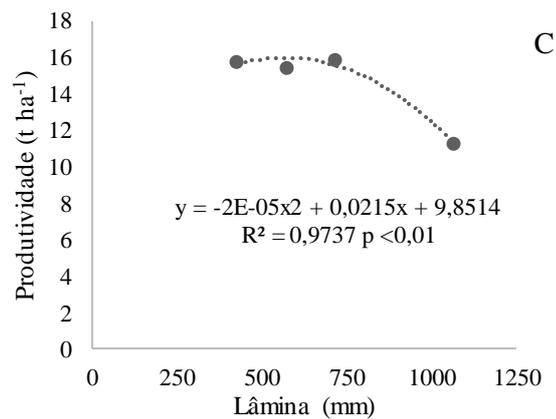


Figura 13 Massa total de frutos comerciais planta⁻¹ (A), número de frutos comerciais (B) e Produtividade da cultura (C) de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

Comportamento semelhante foi observado para o número de frutos comerciais colhidos (Figura 13B), em que a tendência revelou que o incremento de lâmina induziu aumento do NFCP até um valor máximo de frutos (111,72) associado à lâmina de 526,87 mm e em seguida uma tendência de decréscimo do NFCP com aumento da lâmina de irrigação aplicada; sob LF houve uma redução de 6% em relação ao resultado obtido para lâmina máxima. Estes superaram em mais de 60% os valores observados por Sarmento *et al.* 2020 no cultivo de romãzeiras nas condições do Ceará.

No presente trabalho, sob déficit hídrico contínuo a L50 e L75, resultaram em médias de 105,08 e de 106,67 frutos planta⁻¹, respectivamente.

Resultados semelhantes foram alcançados por Intrigliolo *et al.* (2013) e Centofanti *et al.* (2017), em que o déficit contínuo de irrigação de 50% e 35% da ET_c, respectivamente, contribuíram com incremento no número de frutos e não alteraram negativamente o rendimento e outras propriedades da fruta da romã 'Wonderful'.

Algumas possíveis justificativas para estas respostas são: 1) O déficit contínuo de irrigação alterou os padrões de alocação de carbono, favorecendo a reprodução sobre o

crescimento vegetativo da árvore (Intrigliolo *et al.* 2013); 2) O estresse hídrico imposto contribuiu com uniformidade de florescimento, maior relação entre flores hermafroditas/masculinas, maior vingamento dos frutos e/ou redução na queda dos órgãos reprodutivos (Selahvarzi *et al.* 2017; Intrigliolo *et al.* 2013); 3) A aplicação de 150% da ET_0 pode ter lixiviado nutrientes do solo e/ou provocado condições de hipoxia no sistema radicular que alteram a absorção de água e nutrientes assim como a respiração das raízes (Lawton *et al.*, 1978; Olmo-Vega *et al.* 2017).

Quanto à massa média de frutos, apesar de não ter sido influenciada pelas lâminas, variou de 106,98 a 120,22 g. Sarmiento *et al.* (2020) obtiveram massa média de frutos de 132,93 e 96,40 g para duas cultivares de romãzeiras jovens cultivadas no Ceará. Ataíde *et al.* (2018) por sua vez, observaram massa média entre 161 e 232g para romãs comercializadas em Pernambuco.

Além disso, as estratégias de economia de água contribuíram com a produtividade da romãzeira (Figura 13C). A tendência foi quadrática, com lâmina máxima de 514,61 mm (76% ET_0) e produtividade de 15,81 t ha⁻¹, a partir de então, o aumento na quantidade de água aplicada resultou em produtividades menores. O tratamento L75, apresentou estimativa que praticamente coincidiu com a lâmina máxima enquanto a menor lâmina testada (L50) proporcionou uma redução apenas 2% quando comparada a produtividade máxima. A LF resultou em uma redução de 28% em relação a máxima. Divergindo de Mellisho *et al.* (2012) e Galindo *et al.* (2014) que observaram uma redução significativa na produtividade da romã em função do déficit contínuo, principalmente devido ao menor peso médio dos frutos.

Intrigliolo *et al.* (2013), verificaram maior rendimento para romãzeira (20,5 t ha⁻¹) para estratégia de déficit contínuo no primeiro ano de experimento, do que para irrigação plena (18,7 t ha⁻¹).

No Brasil, os estudos realizados recentemente apontam rendimentos bem inferiores aos observados no presente trabalho. Sarmiento *et al.* 2020, alcançaram rendimentos de 4,89 e 5,86 t ha⁻¹ da terceira colheita das cultivares CV8 e CV12. Suzuki (2016) observou produtividade média de romã em São Paulo de 5,2 t ha⁻¹.

Uma possível explicação para estes resultados é que a aplicação de 150% da ET_0 , também pode ter ocasionado estresse hídrico pelo excesso de água no solo, e por consequência, pode ter lixiviado nutrientes do solo e gerado condições de hipóxia que levam a uma redução na respiração celular no sistema radicular, conseqüentemente, acúmulo de espécies reativas de oxigênio que provocam estresse oxidativo, modificando a absorção de água e nutrientes (Lawton *et al.*, 1978; Olmo-Vega *et al.* 2017).

Vale ressaltar que esta função da produtividade da romãzeira sob diferentes lâminas de irrigação encontrada pode auxiliar os técnicos e os produtores no SVSF na tomada de decisão de adoção do uso de restrição de irrigação, face a um cenário de escassez de água, podendo ser estimada a perda de massa total de frutos por planta e/ou por hectares.

Diante dos resultados alcançados, foi possível constatar que o déficit de irrigação contínuo pode ser adotado para linhagem nº 12 de romãzeira no SVSF, como estratégia de economia de água, especialmente em caso de escassez de recursos hídricos ou alto valor da água e para antecipação e/ou uniformização do florescimento.

No entanto, estudos adicionais são necessários para: 1) Definir se uma maior duração do estresse hídrico pode resultar em maiores perdas de produção ao longo do ciclo produtivo da romãzeira, pois esse foi finalizado aos 180DAP por troca da cultura na área e, ou no ciclo produtivo subsequente; 2) As alterações da expressão sexual das flores de romãzeira sob estresse hídrico contínuo e/ou regulado; 3) Identificação do melhor momento, fase fenológica da cultura, em que a restrição de água aplicada possa ocasionar perdas expressiva na produção e/ou qualidade dos frutos, para fortalecer à tomada de decisão dos produtores do SVSF quanto à adoção de uma melhor estratégia de economia de água, mediante uma situação de diminuição do volume e disponível na propriedade.

As propriedades promotoras da saúde da romãzeira, a exemplo da atividade antioxidante, anti-inflamatória e antibacteriana, estão diretamente ligadas ao teor de alguns metabólitos secundários também conhecidos como compostos bioativos (SOUZA *et al.*, 2018; HUSSEIN & GOUDA, 2018; BAR-YA'AKOV *et al.*, 2019).

Por isso, foi avaliado o efeito das lâminas de irrigação sobre o teor dos compostos bioativos na polpa dos frutos de romã (Tabela 8) e teores de antocianinas e de carotenóides.

Tabela 8 Quadro de ANOVA do Teor de antocianinas, tanino, compostos fenólicos totais e carotenóides em função de diferentes lâminas de irrigação aplicadas em romãzeiras da linhagem nº 12 cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.

FV	Teor de antocianinas	Tanino	Compostos fenólicos	Carotenóides
	F			
Lâmina	10,670**	0,741 ^{ns}	0,843 ^{ns}	7,928**
Bloco	1,988 ^{ns}	0,154 ^{ns}	1,702 ^{ns}	2,093 ^{ns}
CV (%)	14,36	5,72	28,22	14,81

**Significativo a 1% *Significativo a 5% e ^{ns}Não significativo pelo teste F.

Para o teor de antocianinas (Figura 14A), nota-se uma tendência de incremento na sua concentração com o aumento das lâminas de irrigação, uma vez que a lâmina mínima foi de 483,42 mm, responsável por 282,24 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF deste composto. O tratamento L100 (675,9mm) resultou em um ganho de 7%, enquanto a LF promoveu aumento de 36% no teor de antocianinas, em relação à lâmina mínima. Comportamento semelhante ocorreu para a concentração de carotenoides (Figura 14B) a qual foi favorecida pela maior lâmina de irrigação testada (LF: 1022,92 mm). A lâmina de 532,79 mm respondeu pela menor concentração de carotenoides, 45,10 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF. Observa-se incremento de 33% para esta variável associada a LF, enquanto para as demais lâminas, este valor foi em torno de 46,4 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MF. Para ambas as variáveis, percebe-se que as estratégias de economia de água (L50 e L75) levaram à médias mais próximas aos pontos de mínimo.

Os resultados na literatura sobre a concentração dos metabólitos secundários em romãzeiras sob déficit de irrigação são ambíguos, provavelmente devido à ação de outros fatores paralelamente ao manejo de irrigação, como às peculiaridades de cada material genético e de cada região semiárida que pode induzir respostas diferentes da espécie (INTRIGLIOLO *et al.*, 2013)

Em contraste as respostas obtidas no presente trabalho, Galindo *et al.* (2014) chegaram a frutos de romã com concentração de bioativos semelhantes, quando submetidas a déficit de irrigação contínuo severo. Galindo *et al.* (2017), observaram redução progressiva no conteúdo de compostos fenólicos, porém não observaram efeito negativo sobre o teor de antocianinas em resposta a restrição hídrica total na fase de amadurecimento de frutos.

Tarantino *et al.* (2020) e Selahvarzi *et al.* (2017), por sua vez, verificaram aumento acentuado no conteúdo de compostos fenólicos e da atividade antioxidante da romã submetida a irrigação por 50% da ETc, embora também não tenham verificaram alteração no teor de antocianinas.

De acordo com Galindo *et al.* (2017), o aumento nas concentrações destes compostos constatado em outras pesquisas, pode ser explicada pelo fato de que o estresse leve induz a planta a aumentar a produção dos metabólitos secundários em detrimento do crescimento da planta. No presente estudo, o incremento no teor de antocianinas e carotenoides relacionado à LF pode ter ocorrido, pois o excesso de água no solo também promove condição de estresse hídrico para as raízes (Olmo-Vega *et al.*, 2017), e neste caso, parece ter impactado mais a romãzeira, uma vez que o déficit hídrico proporcionou teores semelhantes ao verificado para irrigação em 100% a ET₀.

Vale ressaltar que, os compostos fenólicos são os principais contribuintes para atividade antioxidante do suco de romã conforme Borochoy-Neori *et al.* (2009), enquanto as antocianinas e os carotenoides são responsáveis pela pigmentação do arilo e da casca (Laribi *et al.*, 2013).

É importante destacar ainda a necessidade de pesquisas mais aprofundadas para uma melhor compreensão sobre a atividade antioxidante e bioatividade da romã da linhagem nº 12 sob estratégias de déficit de irrigação nas condições do SVSF, que permitam analisar qual a substância de maior atividade antioxidante, em qual parte do fruto se encontra e como se comporta diante de um maior período de experimentação, como também sob outras estratégias de déficit.

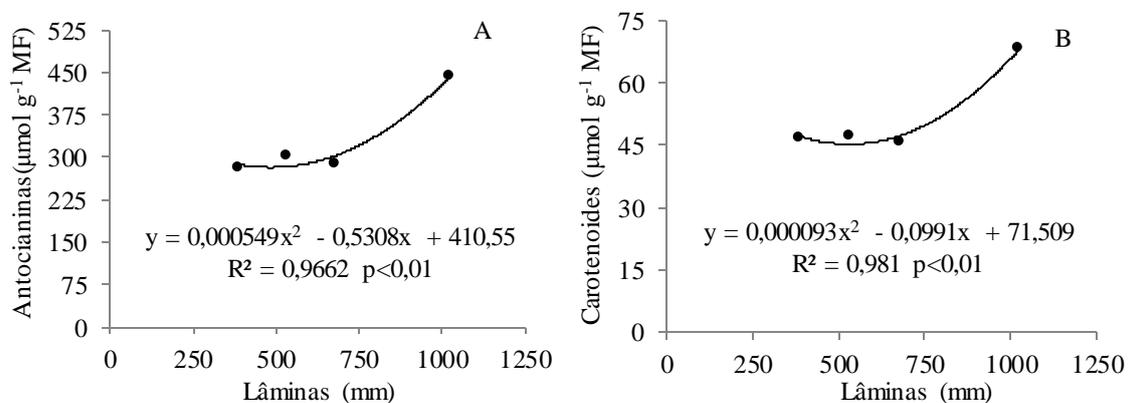


Figura 14 Análise de regressão para o teor de antocianinas (A) e de carotenoides (B), na polpa de frutos de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET₀). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET₀. L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET₀. LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia⁻¹, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET₀ ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

Analisando as características físicas das romãs em resposta as lâminas de irrigação impostas (Figura 15), foi constatado que nem a restrição hídrica nem a aplicação de uma lâmina excedente promoveram efeito significativo sobre a massa dos frutos, o rendimento de arilos e de casca, os diâmetros, a firmeza da casca ou o índice de diferença de absorvância (índice DA)

da casca. Na Figura 15 são apresentadas as médias para tais variáveis. Quanto aos dados de índice DA variaram de 0,36 a 0,48, da maior para menor lâmina.

Tarantino *et al.* (2020) observaram efeito significativo dos regimes de irrigação sobre o tamanho dos frutos, com redução de mais de 40% na massa fresca e menores diâmetros e comprimentos associados as lâminas de 25% e 50% da ETc, em relação a irrigação plena.

Sarmento *et al.* (2020) chegaram a valores médios 54,8 e 66,3 mm de diâmetro para romãzeiras das cultivares CV8 e CV12, cultivadas no Ceará, valores próximos aos verificados neste estudo, que foram em média 60 mm, independente da lâmina de irrigação.

As médias para rendimento de casca variaram de 35,6 a 38,82%, independente da lâmina de irrigação, semelhante ao observado por Ataíde *et al.*, 2018, em investigação sobre as romãs comercializadas no semiárido de Pernambuco, que verificaram rendimento de casca de 37,77 a 48,23 %, e diâmetros variando entre 71 a 77 mm. Vale ressaltar que as classes de maior diâmetro têm maior valor comercial quando as frutas são direcionadas para os mercados de produtos frescos (INTRIGLILO *et al.*, 2013).

Tabela 9 Quadro de ANOVA para Massa Fresca (MF), rendimento de casca (RC), rendimento de arilo (RA), Firmeza da casca (FC), índice DA da casca (DA), diâmetro transversal (DT) e diâmetro longitudinal (DL) de frutos de romãzeiras da linhagem nº 12 cultivadas submetidas a diferentes lâminas de irrigação no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.

FV	MF	RC	RA	FC	DA	DT	DL
	F						
Lâmina	1,14 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,17 ^{ns}	2,32 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,04 ^{ns}	1,78 ^{ns}
Bloco	1,06 ^{ns}	3,12 ^{ns}	0,78 ^{ns}	2,72 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,63 ^{ns}	2,25 ^{ns}
CV (%)	10,51	9,10	6,19	5,54	34,51	3,61	3,77

** Significativo a 1% *Significativo a 5% e ^{ns}Não significativo pelo teste F.

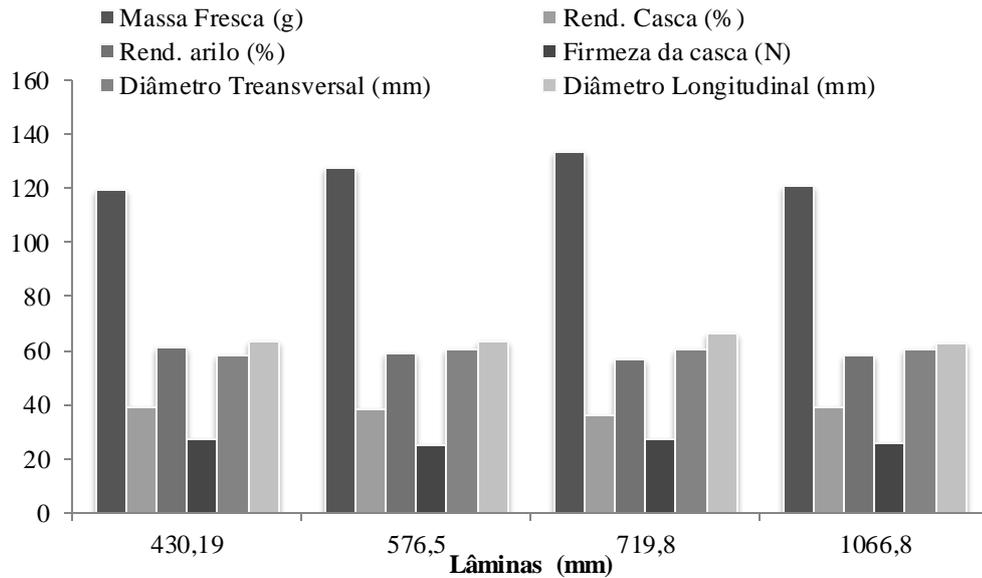


Figura 15 Valores médios para os parâmetros físicos de pós-colheita de frutos de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

Outro parâmetro estudado de grande importância para o valor comercial da romã, em mercados mais exigentes, é a sua coloração. De acordo com a Tabela 10, as lâminas de irrigação não afetaram os valores de L^* , a^* e b^* para cor da casca nem para cor da polpa, indicando que, apesar das estratégias de economia de água ter sido associada a menor concentração de antocianinas, não houve prejuízo sobre a coloração da polpa em conformidade aos critérios abordados por LARIBI *et al.*, (2013), para classificação de cor adequada do suco.

Os valores dos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) foram superiores na casca, em relação à polpa, em média 44,44, 41,04 e 27,74 e 16,21, 7,58 e 4,92, respectivamente. Houve um ligeiro declínio dos valores absolutos da luminosidade (L^*) e do escurecimento e saturação na cor vermelha (a^*) da casca com a redução da lâmina (de 100 a 50% da ET_0), sem implicar numa diferença estatística entre os tratamentos empregados, corroborando com Tarantino *et al.* (2020), em pesquisa com a cv. 'Wonderful'.

Estes resultados divergiram daqueles obtidos por Mena *et al.* (2013), que perceberam que o déficit contínuo de irrigação resultou em um suco de romã de menor atratividade visual e menos saudável, pois a coloração ficou mais amarelada.

Galindo *et al.* 2017 observaram efeito significativo do estresse hídrico na fase de amadurecimento dos frutos, sobre a cor da casca da romã, notaram redução de aproximadamente 17% nos valores L* e b* da casca, e aumento de 16% nos valores de a*, levando a uma casca de fruta com maior vermelhidão e escuridão, sem influência do estresse hídrico na cor do suco.

Tabela 10 Quadro de ANAVA para os parâmetros de cor da casca e da polpa de frutos de romã, sob diferentes estratégias de irrigação diferentes lâminas de irrigação no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.

FV	Cor da casca			Cor da polpa		
	F					
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Lâmina	0,21 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,58 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,437 ^{ns}	0,71 ^{ns}
Bloco	1,16 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,99 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,28 ^{ns}	1,05 ^{ns}
CV (%)	7,88	5,98	9,21	4,50	21,37	14,18

** Significativo a 1% *Significativo a 5% e ^{ns}Não significativo pelo teste F.

O conhecimento sobre as características físico-químicas dos frutos de romã é muito importante, pois permite identificar as frutas mais apropriadas ao consumo *in natura* como alimento funcional, processamento, indústria farmacêutica ou de cosméticos (Alcaraz-Mármol *et al.*, 2017).

Analisando alguns parâmetros físico-químicos de qualidade dos frutos, apresentados na Tabela 6 e Figura 16, observa-se mais uma vez que não houve efeito significativo dos tratamentos de irrigação sobre o teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável e *ratio*, indicando que as estratégias de economia de água poderiam ser adotadas sem prejuízo em termos de qualidade dos frutos.

Estes resultados corroboram com aqueles obtidos por Tarantino *et al.* (2020), cujo o teor de sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio* para irrigação plena (100% da ETc) foi estatisticamente semelhante ao observado para as lâminas deficitárias (50% e 75% da ETc), com valores médios de 17,3 ° Brix, 0,56 % de ácido cítrico e 34,8, respectivamente.

Galindo *et al.* (2018) observaram média de 17 ° Brix e acidez variando 0,21 a 0,217% de ácido cítrico. No presente trabalho, os valores variaram de 13,90 a 14,94 ° Brix da maior lâmina testada para a menor (LF a L50). A acidez titulável variou menos, de 0,34 a 0,37% e a *ratio* oscilou entre 37,8 e 43,11. O pH foi em média 3,25. De acordo com Tarantino *et al.* (2020), esses valores podem ser considerados muito bons, visto que, o valor mínimo exigido para uso comercial é 12 ° Brix.

Analisando os resultados de Ataíde *et al.* (2018), nota-se valores de SST variando entre 11,36 a 14,20 °Brix, semelhante ao observado por Sarmiento *et al.* 2020, em pesquisa no Ceará, onde verificaram que a cultivar CV8 apresenta maior nível de sólidos solúveis, (13,10°Brix) e *ratio* 18,50.

Segundo a classificação de Quiroz (2009), os frutos de romã obtidos neste estudo são considerados doces, pois a acidez titulável foi menor que 0,9% independente da lâmina de irrigação aplicada. Essa classificação, indica ainda que estes frutos são ideais para o consumo in natura. Característica esta confirmada pelos resultados de *ratio*, que também exprimem o equilíbrio entre o sabor doce e ácido da polpa dos frutos, de modo que quanto maior este índice, mais doce é a fruta (CHITARRA, CHITARRA, 2005; DIAS *et al.* 2011; RAMOS *et al.* 2011).

Tabela 11 Quadro de ANAVA para sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez titulável (AT) e índice de maturação (SST/AT) características químicas de frutos de romãzeiras da linhagem nº 12 cultivadas submetidas a diferentes lâminas de irrigação no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021.

FV	SST	pH	AT	<i>Ratio</i> (SST/AT)
	F			
Lâmina	2,093 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,793 ^{ns}	2,288 ^{ns}
Bloco	0,798 ^{ns}	1,935 ^{ns}	0,874 ^{ns}	0,874 ^{ns}
CV (%)	5,51	2,52	6,81	8,87

** Significativo a 1% *Significativo a 5% e ^{ns}Não significativo pelo teste F.

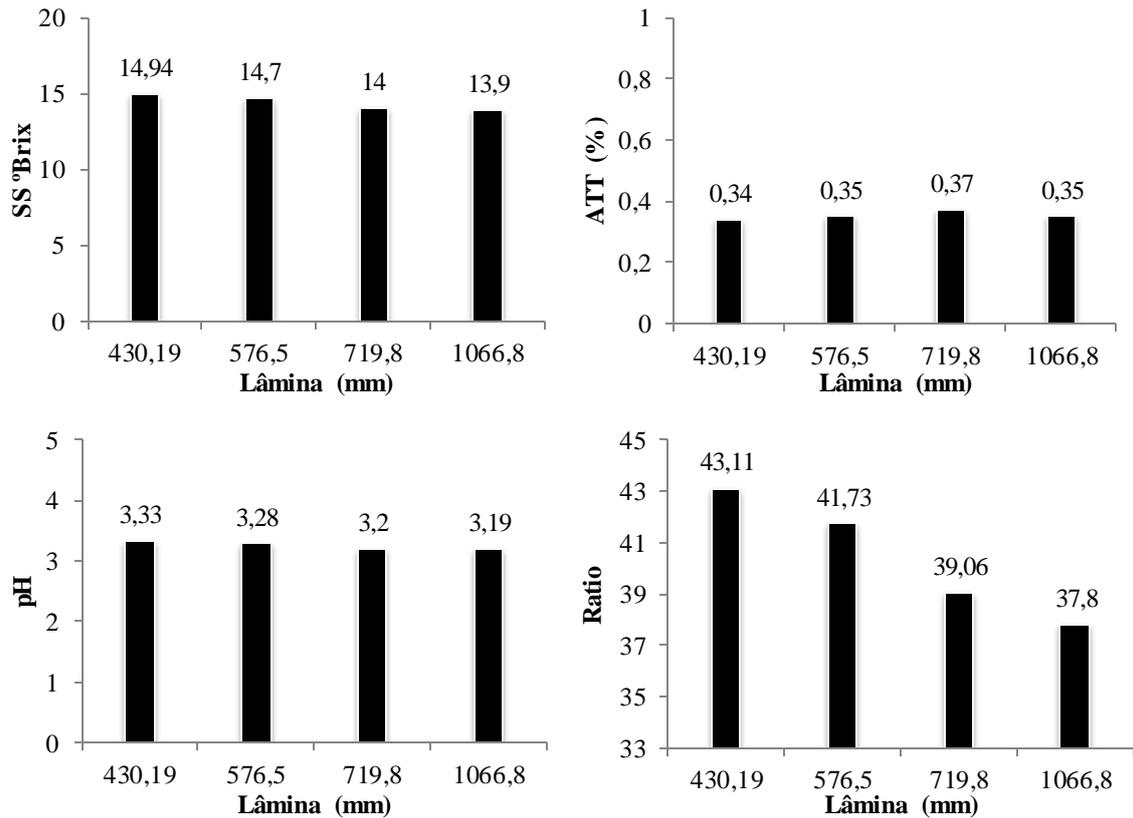


Figura 16 Valores médios para os parâmetros físico-químicos de pós-colheita de frutos de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referencia (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de 14,6 mm dia^{-1} , às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

Como consequência dos produtividade da romãzeira e das lâminas de irrigação acumuladas para cada tratamento pode-se estimar a produtividade de água desta cultura (Figura 17) e perceber que houve uma tendência de aumento na produtividade de água com o uso do déficit de irrigação. A lâmina mínima foi 1000 mm, que resultou em 1,37 kg m^{-3} de água, estando muito próxima ao rendimento observado para LF. A irrigação com 100% da ET_0 levou a 2,00 kg m^{-3} enquanto as restrições de 50% (L50) e 25% (L75) nas lâminas, promoveram valores bem superiores para esta variável, alcançando os 3,63 e 2,68 kg m^{-3} , respectivamente.

Intrigliolo et al. (2013) observaram valores na ordem de $5,5 \text{ kg m}^{-3}$ associado ao déficit contínuo e $3,4 \text{ kg m}^{-3}$ para a irrigação plena.

Outros estudos também apontaram aumento na produtividade de água no cultivo de frutíferas, inclusive da romãzeira, quando submetidas ao déficit de irrigação, permitindo economia deste recurso na agricultura (INTRIGLIOLO *et al.*, 2013; PARVIZI *et al.*, 2014).

Vale ressaltar que no presente trabalho, foram avaliados os efeitos do déficit apenas sobre um ciclo, sendo portanto, imprescindível a continuidade da pesquisa com a cultura da romãzeira no SVSF e que avaliem mais de uma safra pois Selahvarzi *et al.* (2017), observaram ganho na produtividade da água em relação a irrigação plena no primeiro ano do experimento (incremento de 58,6%), porém, na segunda safra, seu valor em déficit contínuo decresceu fortemente (22,2%). Por outro lado, Intrigliolo et al. (2013) relataram que a aplicação do déficit contínuo de irrigação moderado aumentou a carga da cultura, o rendimento e a produtividade de água da romã mesmo após três safras consecutivas.

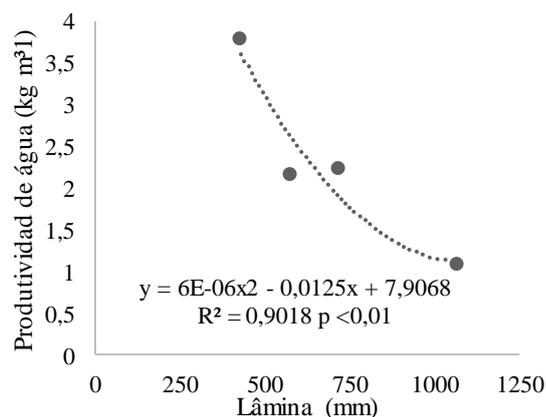


Figura 17 Análise de regressão para produtividade da cultura produtividade de água de romãzeiras da linhagem nº12, em função das lâminas de irrigação aplicadas, cultivadas no N10, Perímetro Irrigado Nilo Coelho, Petrolina-PE, 2020-2021. L50- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 50% da Evapotranspiração da cultura de referência (ET_0). L75- Déficit contínuo com irrigação programada para repor 75% da ET_0 . L100- Irrigação contínua programada para repor 100% da ET_0 . LF- Irrigação adotada na fazenda, correspondendo a reposição de uma lâmina fixa de $14,6 \text{ mm dia}^{-1}$, às segundas, quartas e sextas-feiras, variando de 100% a 302% da ET_0 ao longo dos DAP. Lâminas acumuladas por tratamento: L50: 430,18mm; L75: 576,50; L100: 719,81; LF: 1066,83mm.

5 CONCLUSÕES

A linhagem nº12 de romãzeira cultivada em Petrolina-PE, apresenta habilidade em evitar a perda de água demasiada para atmosfera, sob condição de estresse hídrico, por meio de acúmulo no teor de prolina nas folhas, redução do potencial hídrico foliar, condutância estomática e transpiração, sem redução da assimilação de CO₂ e da eficiência fotossintética.

A lâmina de água acumulada máxima de 517,35 mm, correspondente à 76% da ET₀, permitiu a maior massa total de frutos por planta (12,65 kg planta⁻¹) de romãs da linhagem 12, todavia, como a L50 resultou em uma redução de apenas 2% em relação da lâmina máxima, diante de restrição no uso de água, a irrigação pela reposição de 50% da ET₀ em Petrolina-PE, pode ser adotada para uma maior economia de água, sem apresentar perdas na qualidade dos frutos, expressa pelas características físico-químicas das romãs, que as desenquadrem para comercialização.

A irrigação da cultura da romã com déficit hídrico pelos tratamentos L50 e L75, dos 19DAP até os 180DAP, eleva a produtividade de água em cerca de 2 vezes e resulta numa economia de água de 4903,2 m³ e de 6366, 4 m³, respectivamente, em relação a lâmina de irrigação empregada na fazenda (LF).

O déficit hídrico contínuo (L50) permite uma economia de água de 63% e aumento de produtividade de 28% em relação ao manejo de irrigação da cultura efetuado na fazenda, resultando numa possibilidade de incremento de área irrigada de 2,64 ha, com o mesmo volume de água; aumentando o uso racional dos recursos hídricos, sem impulsionar incremento de demanda de volume de água e/ou competição entre os setores demandantes dos recursos hídricos, evitando perdas dos fertilizantes por lixiviação que podem causar a contaminação dos mananciais e/ou a salinização dos solos.

A irrigação de 10 hectares de romãzeira sob déficit contínuo de 50% da Evapotranspiração da cultura pode gerar uma economia de 63.664 m³ de água, suficiente para suprir a necessidade de 113,2 pessoas ano⁻¹, com consumo diário de 154 L.

REFERÊNCIAS

ADIBA, A.; RAZOUK, R.; CHARAFI, J.; HADDIOUI, A. *et al.* Assessment of water stress tolerance in eleven pomegranate cultivars based on agronomic traits. **Agricultural Water Management**, 243, p. 106419.

ALCARAZ-MÁRMOL, F.; NUNCIO-JÁUREGUI, N.; GARCÍA-SÁNCHEZ, F.; MARTÍNEZ-NICOLÁS, J. J. *et al.* Characterization of twenty pomegranate (*Punica granatum*

L.) cultivars grown in Spain: Aptitudes for fresh consumption and processing. **Scientia Horticulturae**, 219, p. 152-160, 2017.

ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56)ATAÍDE, Elma Machado et al. Qualidade pós-colheita de romã comercializada no Semiárido pernambucano. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2018.

ANA - Agencia Nacional das Águas. RESOLUÇÃO Nº 2.082, DE 04 DE DEZEMBRO DE 2017. <<http://www2.ana.gov.br>> Acesso em: 22 jul. de 2019.

ANA - Agencia Nacional das Águas. Acompanhamento da Bacia do Rio São Francisco. SOE – Superintendência de Operações e Eventos Críticos, 2018. <<https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-saiba-mais>>. Acesso em: 28 de ago. de 2019.

ANA - Agência Nacional das Águas. Disputa pela água tende a aumentar. 2012. <<http://www2.ana.gov.br>> Acesso em: 23 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO DE JOVENS AGRICULTORES DE PORTUGAL-AJAP. A cultura da Romã. Manual boas práticas para culturas emergentes. Lisboa, 2017.

BABAEIAN, Samira et al. The effect of unsweetened pomegranate juice on insulin resistance, high sensitivity c-reactive protein and obesity among type 2 diabetes patients. **Journal of Ardabil University of Medical Sciences**, v. 13, n. 1, p. 7-15, 2013.

BAR-YA'AKOV, I.; TIAN, L.; AMIR, R.; HOLLAND, D. Primary metabolites, anthocyanins, and hydrolyzable tannins in the pomegranate fruit. **Frontiers in Plant Science**, 10, p. 620, 2019.

BASSOI, L.H.; TEIXEIRA, A.H.C.; BRAGA, M.B.; SIMÕES, W.L.; CALGARO, M.; PINTO, J.M. Uso da água em agricultura irrigada no Semiárido brasileiro. EMBRAPA, 2010. p. 355-372.

BASU, A; NEWMAN, E.D.; BRYANT, A.L.; LYONS, T.J.; BETTS, N.M. Pomegranate polyphenols lower lipid peroxidation in adults with tupe 2 diabetes but have no effects in healty volunteers: a pilot study. **Journal of Nutrition and Metabolism**, 1-7, 2013.

BHARATHI, Erusan; JAGADEESAN, Ganesan. Antioxidant potential of hesperidin and ellagic acid on renal toxicity induced by mercuric chloride in rats. **Biomedicine & Preventive Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 131-136, 2014.

BOROCHOV-NEORI, H.; JUDEINSTEIN, S.; TRIPLER, E.; HARARI, M.; GREENBERG, A.; SHOMER, I.; HOLLAND, D. Seasonal and cultivar variations in antioxidant and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 22, p. 189-195, 2009.

CANO-LAMADRID, Marina et al. Influence of deficit irrigation and crop load on the yield and fruit quality in Wonderful and Mollar de Elche pomegranates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 8, p. 3098-3108, 2018.

CENTOFANTI, Tiziana et al. Deficit irrigation strategies and their impact on yield and nutritional quality of pomegranate fruit. **Fruits**, v. 72, n. 1, p. 46-53, 2017.

CHESF - COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. 52º Relatório Mensal de Acompanhamento. RT - DOOH 015/2018 julho/2018.

COSTA G., NOFERINI, M., BONORA, E. Metodi innovativi di gestione dei frutti nella fase post-raccolta - Metodi non distruttivi per valutare la qualità dei frutti. Edito da Regione Emilia-Romagna Servizio Sviluppo del Sistema Agroalimentare Assessorato Agricoltura, Bologna, v. 200, p.17-38, 2010.

COLLADO-GONZÁLEZ, J.; GALINDO, A.; CRUZ, Z.; RODRÍGUEZ, P. *et al.* EFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO EN LA CALIDAD Y SALUDABILIDAD DE LA GRANADA Y EL JÍNJOL. IV Congreso Iberoamericano de Riego y Drenaje, 2015.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. ESAL/FAEPE, Lavras, p. 735, 2005.

DIAS, C. S.; BORGES, S. V.; QUEIROZ, F.; PEREIRA, P. A. P. Influência da temperatura sobre as alterações físicas, físico-químicas e químicas de geleia da casca de banana (*Musa spp.*) Cv. Prata durante o armazenamento. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v.70, p.28-34, 2011.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES. **Statistical database**. 2014. Disponível em <www.fao.org> Acesso em: 09 dez. 2020.

FARBOOD, Yaghoob et al. Ellagic acid protects the brain against 6-hydroxydopamine induced neuroinflammation in a rat model of Parkinson's disease. **Basic and Clinical Neuroscience**, v. 6, n. 2, p. 83, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 35: 1039-1042, 2011.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). *Anthocyanins as food colors*. New York: Academic, 1982. p. 181-207.

GALINDO, A.; CALÍN-SÁNCHEZ, Á.; COLLADO-GONZÁLEZ, J.; ONDOÑO, S.; HERNÁNDEZ, F.; TORRECILLAS, A. CARBONELL-BARRACHINA, Á.A. Phytochemical and quality attributes of pomegranate fruits for juice consumption as affected by ripening stage and deficit irrigation *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (2014), pp. 2259-2265.

GALINDO, A.; CALÍN-SÁNCHEZ, A.; GRIÑÁN, I.; RODRÍGUEZ, P. *et al.* Water stress at the end of the pomegranate fruit ripening stage produces earlier harvest and improves fruit quality. **Scientia Horticulturae**, 226, p. 68-74, 2017.

GALINDO, A.; COLLADO-GONZÁLEZ, J.; GRIÑÁN, I.; CORELL, M. *et al.* Deficit irrigation and emerging fruit crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrosystems. **Agricultural water management**, 202, p. 311-324, 2018.

HUSSEIN, L.; GOUDA, M. E. L. Pomegranate: Cultivation, Pomological Properties, Processing, Global Market and Health Benefits. Pomegranate: Cultivation, Antioxidant and Health Benefits. **Food science and technology, Nova Science Publisher: New York, NY, USA**, p. 267-302, 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados do Censo Agro 2017. Disponível em < agenciadenoticias.ibge.gov.br > Acesso em: 09 dez. 2020.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Intituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p. Disponível em: Acesso em: 15 dez. 2008.

INTRIGLIOLO, D. S.; BONET, L.; NORTES, P.; PUERTO, H. *et al.* Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. **Irrigation Science**, 31, n. 5, p. 959-970, 2013.

JADIDI, E.; TATARI, M.; GHASEMNEZHAD, M.; SALEMI, H. R. Morphological and biochemical response of eight pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars under salinity stress. **Journal of Horticulture and Postharvest Research**, 3, n. Special Issue-Abiotic and Biotic Stresses, p. 139-152, 2020.

JUAZEIRO, BAHIA. Negócios – Cotações do Mercados do produtor. Prefeitura Municipal de Juazeiro. Disponível em <<https://www6.juazeiro.ba.gov.br/negocios>> Acesso em: 28 fev. 2021.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Glendora: Rain Bird Sprinklers Manufacturing Corp. 133 p. 1975.

LARIBI, A. I. *et al.* Effect of sustained and regulated deficit irrigation on fruit quality of pomegranate cv. 'Mollar de Elche' at harvest and during cold storage. **Agricultural Water Management**, v. 125, p. 61-70, 2013.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomece peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

LAWTON, K.; COELHO, M. A.; CRISÓSTOMO, L. A. CIÊN. AGRON. 8 (1-2): 9-18 dezembro, Fortaleza-Ceará, 1978.

LEÃO, E.L.S.; CAMPOS, L.H.R.; MOUTINHO, L.M.G. Arranjo Produtivo Local da Fruticultura Irrigada do Vale do Submédio do São Francisco, Pernambuco/Bahia: Fluxos Comerciais e Dinamismo Local. **Revista Agronegócio e meio Ambiente**, v. 9, n. 2, 2016.

MELLISHO, C.; EGEE, I.; GALINDO, A.; RODRÍGUEZ, P. *et al.* Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit response to different deficit irrigation conditions. **Agricultural water management**, 114, p. 30-36, 2012.

MENA, P.; GALINDO, A.; COLLADO-GONZÁLEZ, J.; ONDOÑO, S.; GARCÍA-VIGUERA, C.; FERRERES, F.; TORRECILLAS, A.; GIL-IZQUIERDO, A. Sustained deficit irrigation affects the colour and phytochemical characteristics of pomegranate juice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 93 pp. 1922-1927, 2013.

- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. Farm irrigation system evaluation: a guide for management. Logan: Utah State University, 271 p. 1978.
- MONDAL, Himangsu et al. Anthelmintic activity of ellagic acid, a major constituent of *Alternanthera sessilis* against *Haemonchus contortus*. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 35, n. 1, 2015.
- MOREIRA, Inácia dos Santos et al. Biometria e componentes físico-químicos de romã armazenada sob refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 209-215, 2015.
- NAIKI-ITO, Aya et al. Ellagic acid, a component of pomegranate fruit juice, suppresses androgen-dependent prostate carcinogenesis via induction of apoptosis. **The Prostate**, v. 75, n. 2, p. 151-160, 2015.
- NASCIMENTO JÚNIOR, B.J.; SANTOS, A.M.T.; SOUZA, A.T.; SANTOS, E.O.; XAVIER, M.R.; MENDES, R.L.; AMORIM, E.L.C. Estudo da ação da romã (*Punica granatum* L.) na cicatrização de úlceras induzidas por queimadura em dorso de língua de ratos Wistar (*Rattus norvegicus*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.18, n.2, p.423-432, 2016.
- NASRABADI, M.; RAMEZANIAN, A.; ESHGHI, S.; SARKHOSH, A. Chilling and heat requirement of pomegranate (*Punica granatum* L.) trees grown under sustained deficit irrigation. **Scientia Horticulturae**, 263, p. 109117, 2020.
- NOITSAKIS, Basile *et al.* Pomegranate physiological responses to partial root drying under field conditions. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 410-414, 2016.
- OLIVEIRA FILHO, S.F.S.; MELO, A.S.; XAVIER, L.F.; SOBEL, T.F.; COSTA, E.F. Adoção de estratégias para redução de riscos: identificação dos determinantes da diversificação produtiva no Polo Petrolina-Juazeiro. *Rev. Econ. Sociol. Rural* vol.52 no.1 Brasília, 2014.
- OLMO, A.; GARCIA-SANCHEZ, F.; SIMON, I.; LIDON, V. *et al.* Characterization of the ecophysiological responses of three pomegranate cultivars to salinity. **Photosynthetica**, 57, n. 4, p. 1015-1024, 2019
- OLMO-VEGA, Antonio et al. Physiological responses of three pomegranate cultivars under flooded conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 224, p. 171-179, 2017.
- PARVIZI, Hossein; SEPASKHAH, Ali Reza; AHMADI, Seyed Hamid. Physiological and growth responses of pomegranate tree (*Punica granatum* (L.) cv. Rabab) under partial root zone drying and deficit irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 146-158, 2016.
- POURGHAYOUMI, Mohammadreza *et al.* Responses of pomegranate cultivars to severe water stress and recovery: changes on antioxidant enzyme activities, gene expression patterns and water stress responsive metabolites. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 23, n. 2, p. 321-330, 2017.
- QUIROZ, I. (2009). Granados, perspectivas y oportunidades de un negocio emergente: Antecedentes de mercado. Fundación Chile

RAMOS, D. P., LEONEL S., SILVA, A. C., SOUZA, M. E., SOUZA A. P., & FRAGOSO A. M. (2011). Épocas de poda na sazonalidade, produção e qualidade dos frutos da goiabeira 'Paluma'. *Semina: Ciências Agrárias*, 32 (3), 909-918. Doi: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n3p909>.

REZAEI, Elham; HOSSEINI, Seyyed Ebrahim; MEHRABANI, Davood. Effects of pomegranate juice on insulin and glucose in diabetic and non-diabetic male rats. **Journal of Birjand University of Medical Sciences**, v. 20, n. 3, p. 244-251, 2013.

ROSAS-BURGOS, Ema C. et al. Antimicrobial activity of pomegranate peel extracts as affected by cultivar. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 3, p. 802-810, 2017.

SARMENTO, Diógenes Henrique Abrantes et al. Qualidade e produtividade de duas variedades de romã no Estado do Ceará. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e82791110158-e82791110158, 2020.

SELAHVARZI, Y.; ZAMANI, Z.; FATAHI, R.; TALAEI, A.-R. Effect of deficit irrigation on flowering and fruit properties of pomegranate (*Punica granatum* cv. Shahvar). **Agricultural Water Management**, 192, p. 189-197, 2017.

SILVA, E.A. *et al.* Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 493-501, 2009.

SIMS, D.A. GAMON, J.A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sensing of Environment*, v.81, p. 337-354, 2002.

SINGH, A.; BURMAN, U.; SANTRA, P.; SAXENA, A. *et al.* Relationship of plant water status and leaf gas exchange with fruit cracking of pomegranate. **Indian Journal of Horticulture**, 76, n. 2, p. 289-293, 2019.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. V. ; DA SILVA, A. J. ; DOS ANJOS, J. L. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. ISSN 1678-1953. 2015.

SOHRAB, Golbon et al. Effects of pomegranate juice consumption on inflammatory markers in patients with type 2 diabetes: a randomized, placebo-controlled trial. **Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences**, v. 19, n. 3, p. 215, 2014.

SOUZA, A.; DE SOUZA JR, J. R.; SOUSA, D. C. P.; ALBUQUERQUE, U. P. *Punica granatum* L. *In: Medicinal and Aromatic Plants of South America*: Springer, 2018. p. 413-420.

SUZUKI, E. T. Avaliação fenológica, análise econômica e estudo da cadeia produtiva da romã (*Punica granatum*). 2016.

TAIZ, L; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed,2009. 849 p.

TARANTINO, A.; DIFONZO, G.; LOPRIORE, G.; DISCIGLIO, G. *et al.* Bioactive compounds and quality evaluation of 'Wonderful' pomegranate fruit and juice as affected by deficit irrigation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2020.

TATARI, M.; JADIDI, E.; SHAHMANSOURI, E. Study of Some Physiological Responses of Different Pomegranate (*Punica Granatum L.*) Cultivars under Drought Stress to Screen for Drought Tolerance. **International Journal of Fruit Science**, p. 1-16, 2020.

VOLSCHENK, T. Water use and irrigation management of pomegranate trees-A review. **Agricultural Water Management**, 241, p. 106375, 2020.

WANG, Jian-Yun *et al.* Extracts of black bean peel and pomegranate peel ameliorate oxidative stress-induced hyperglycemia in mice. **Experimental and therapeutic medicine**, v. 9, n. 1, p. 43-48, 2015.

WINAND, Julie; SCHNEIDER, Yves-Jacques. The anti-inflammatory effect of a pomegranate husk extract on inflamed adipocytes and macrophages cultivated independently, but not on the inflammatory vicious cycle between adipocytes and macrophages. **Food & function**, v. 5, n. 2, p. 310-318, 2014.

ZHANG, H.; WANG, D.; AYARS, J. E.; PHENE, C. J. Biophysical response of young pomegranate trees to surface and sub-surface drip irrigation and deficit irrigation. **Irrigation Science**, 35, n. 5, p. 425-435, 2017.

ZOU, Xuan *et al.* Mitochondrial dysfunction in obesity-associated nonalcoholic fatty liver disease: the protective effects of pomegranate with its active component punicalagin. **Antioxidants & Redox Signaling**, v. 21, n. 11, p. 1557-1570, 2014.