

Desenvolvimento de Pesquisa Científica na **Agricultura Irrigada**

Leonardo Tullio
(Organizador)



Desenvolvimento de Pesquisa Científica na **Agricultura Irrigada**

Leonardo Tullio
(Organizador)



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

- Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

- Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Desenvolvimento de pesquisa científica na agricultura irrigada

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Leonardo Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento de pesquisa científica na agricultura irrigada / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-488-7

DOI 10.22533/at.ed.887202810

1. Irrigação agrícola. 2. Agricultura Irrigada. I. Tullio, Leonardo (Organizador). II. Título.

CDD 651.587

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Na agricultura moderna o uso racional dos insumos é sem dúvida a maneira mais eficiente de produzir com qualidade. As constantes mudanças climáticas afetam a disponibilidade de nutrientes e água para as plantas, o que dificulta o seu estabelecimento e produtividade. Sendo o recurso hídrico o fator limitante que mais afeta o crescimento e desenvolvimento das culturas.

A pesquisa tenta solucionar ou apresentar resultados que minimizem os efeitos negativos do estresse hídrico para as plantas, porém constantemente os fatores ambientais desencadeiam sérios problemas. Neste sentido, buscamos neste livro apresentar alguns resultados dos estudos que envolvem o manejo da irrigação bem como métodos para uma melhor eficiência do uso da irrigação.

Algumas regiões onde o clima é seco dependem de um sistema de irrigação para o desenvolvimento, porém com a demanda crescente por alimentos e a escassez das chuvas fazem a agricultura pensar em métodos que aproveitem melhor a água. Os sistemas de irrigação mais modernos procuram solucionar estes problemas, assim utilizando de maneira eficiente. Irrigar a mais, nem sempre é sinônimo de eficiência produtiva, mas sim pode trazer sérios problemas com lixiviação de nutrientes e baixa produtividade. Ao contrário, a falta de água e um excesso de nutrientes pode levar a salinização e prejudicar o desenvolvimento das raízes e da planta.

Espero que as pesquisas apresentadas neste livro possam contribuir de maneira eficiente frente aos problemas de falta de água, bem como opção para futuras pesquisas.

Boa leitura e bons estudos.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO RURAL: O CASO DA MELANCIA IRRIGADA POR GOTEJAMENTO NO PROJETO CHESF

José Maria Pinto

Jony E. Yuri

Nivaldo D. Costa

Rebert Coelho Correia

Marcelo Calgaro

DOI 10.22533/at.ed.8872028101

CAPÍTULO 2..... 6

EVOLUÇÃO DA ÁREA DE AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL NAS ÚLTIMAS DÉCADAS

Sérgio Luiz Aguilar Levien

Vladimir Batista Figueirêdo

Luiz Eduardo Vieira de Arruda

DOI 10.22533/at.ed.8872028102

CAPÍTULO 3..... 20

ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE HARGREAVES-SAMANI ATRAVÉS DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO

Tháís Rayane Gomes da Silva

Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior

Rony de Holanda Costa

Laylton de Albuquerque Santos

Samuel Barbosa Tavares dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8872028103

CAPÍTULO 4..... 26

AVALIAÇÃO DE UM ALTÍMETRO PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

Marcelo Carazo Castro

Jean Santiago Sabença Esteves

Larissa Nunes Pereira Leite

DOI 10.22533/at.ed.8872028104

CAPÍTULO 5..... 32

MÉTODO PARA PROJETAR LINHAS LATERAIS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PAREADAS EM TERRENOS COM INCLINAÇÃO UNIFORME

Leonardo Leite de Melo

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

José Antônio Frizzone

Patrícia Algélica Alves Marques

DOI 10.22533/at.ed.8872028105

CAPÍTULO 6..... 46

HIDRÁULICA DE TUBOS GOTEJADORES COM EMISSORES CILÍNDRICOS

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

Leonardo Leite de Melo

José Antônio Frizzone

Antonio Pires de Camargo

DOI 10.22533/at.ed.8872028106

CAPÍTULO 7..... 56

SISTEMA LISIMÉTRICO DE INFORMAÇÕES PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA PELAS PLANTAS (SLIMCAP)

Márcio Aurélio Lins dos Santos

Laylton de Albuquerque Santos

Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas

Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Daniella Pereira dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8872028107

CAPÍTULO 8..... 66

COMPARAÇÃO DA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELOS MÉTODOS PENMAN-MONTEITH FAO 56 E JENSEN-HAISE

Ugo Leonardo Rodrigues Machado

Giordanio Bruno Silva Oliveira

Kadidja Meyre Bessa Simão

Liherberto Ferreira Dos Santos

Ana Luzia Medeiros Luz Espínola

José Espínola Sobrinho

DOI 10.22533/at.ed.8872028108

CAPÍTULO 9..... 77

CORREÇÃO DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO O SUPLEMENTO SOLVER DA MICROSOFT EXCEL

Thaís Rayane Gomes da Silva

Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior

Rony de Holanda Costa

Laylton de Albuquerque Santos

Samuel Barbosa Tavares dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.8872028109

CAPÍTULO 10..... 82

ANÁLISE DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CAPIM-CARRAPICHO (*Cenchrus echinatus* L.) EM FUNÇÃO DA SALINIDADE E TEMPERATURA

Natália Morena Fernandes Soltys

Oriel Herrera Bonilla

Francisca Raiane Machado da Cruz

Sarah Carvalho de Farias

Joel Wirlo Brasileiro Lima

Jéssica Carvalho Horta

DOI 10.22533/at.ed.88720281010

CAPÍTULO 11..... 88

EFEITO SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne

Sandro Ferreira do Nascimento

Oriel Herrera Bonilla

José Vagner Rebouças Filho

Francisca Raiane Machado da Cruz

Hamanda Brandão Pinheiro

Joel Wirlo Brasileiro Lima

DOI 10.22533/at.ed.88720281011

CAPÍTULO 12..... 94

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A SALINIDADE

Raquele Mendes de Lira

Ênio Farias de França e Silva

Alexandre Nascimento dos Santos

Edimir Xavier Leal Ferraz

Adiel Felipe da Silva Cruz

Antônio Henrique Cardoso do Nascimento

José Edson Florentino de Moraes

DOI 10.22533/at.ed.88720281012

CAPÍTULO 13..... 100

EFEITO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb

Ivina Beatriz Menezes Farias

Oriel Herrera Bonilla

Natália Morena Fernandes Soltys

Francisca Renata Alves de Lima

Sarah Carvalho de Farias

Cicero Matheus Borges Lucena

DOI 10.22533/at.ed.88720281013

CAPÍTULO 14..... 111

CRESCIMENTO RADICULAR EM SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne SUBMETIDAS À SALINIDADE

Sandro Ferreira do Nascimento

Oriel Herrera Bonilla

Hamanda Brandão Pinheiro

José Vagner Rebouças Filho

Cicero Matheus Borges Lucena

Rayane Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.88720281014

CAPÍTULO 15.....	117
CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Vigna luteola</i> (Jacq.) Benth. SUBMETIDAS A SALINIDADE	
Ivina Beatriz Menezes Farias	
Oriel Herrera Bonilla	
Claudivan Feitosa de Lacerda	
Natália Morena Fernandes Soltys	
Francisca Renata Alves de Lima	
Francisca Raiane Machado da Cruz	
DOI 10.22533/at.ed.88720281015	
CAPÍTULO 16.....	124
EVOLUÇÃO DA ÁREA DE AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO NAS ÚLTIMAS DÉCADAS	
Sérgio Luiz Aguilar Levien	
Vladimir Batista Figueirêdo	
Luiz Eduardo Vieira de Arruda	
DOI 10.22533/at.ed.88720281016	
CAPÍTULO 17.....	138
DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DO ABACAXI CULTIVAR PÉROLA NO AGRESTE ALAGOANO	
Tháís Rayane Gomes da Silva	
Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior	
Florian Alcantara Damasceno	
Luis Felipe Ferreira Costa	
Samuel Barbosa Tavares dos Santos	
Márcio Aurélio Lins dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.88720281017	
CAPÍTULO 18.....	144
MELÃO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO CULTIVADO EM FILEIRAS SIMPLES E DUPLA	
José Maria Pinto	
Jony E. Yuri	
Marcelo Calgare	
Rebert Coelho Correia	
DOI 10.22533/at.ed.88720281018	
CAPÍTULO 19.....	149
PRODUÇÃO E CRESCIMENTO DA ABÓBORA SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO USANDO SISTEMA AUTOMÁTICO	
Clinton Gonçalves Moreira	
Vladimir Batista Figueirêdo	
Fernando Caio de Freitas Aquino	
Sérgio Luiz Aguilar Levien	
Ugo Leonardo Rodrigues Machado	
DOI 10.22533/at.ed.88720281019	

CAPÍTULO 20.....	157
TRANSPIRAÇÃO EM MELOEIRO COM USO DE SENSORES DE FLUXO POR DISSIPAÇÃO TÉRMICA	
Nicolly Kalliliny Cavalcanti Silva	
Vladimir Batista Figueirêdo	
Alberto Colombo	
Ana Luiza Veras de Souza	
Ugo Leonardo Rodrigues Machado	
DOI 10.22533/at.ed.88720281020	
CAPÍTULO 21.....	167
BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR E POTENCIALIDADE DE CANA-ENERGIA	
Tamara Rocha dos Santos	
Eliana Paula Fernandes Brasil	
Wilson Mozena Leandro	
Aline Assis Cardoso	
Márcio da Silva Santos	
Maryllia Karolyne De Sousa Fernandes	
Larissa Gabriela Marinho da Silva	
Raysa Marques Cardoso	
Caio Cesar Magalhães Borges	
Rafaela Shaiane Marques Garcia	
DOI 10.22533/at.ed.88720281021	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	176
ÍNDICE REMISSIVO.....	177

CAPÍTULO 1

IMPACTO NO DESENVOLVIMENTO RURAL: O CASO DA MELANCIA IRRIGADA POR GOTEJAMENTO NO PROJETO CHESF

Data de aceite: 01/10/2020

José Maria Pinto

Petrolina - PE

Jony E. Yuri

Petrolina - PE

Nivaldo D. Costa

Petrolina - PE

Rebert Coelho Correia

Petrolina - PE

Marcelo Calgaro

Petrolina - PE

Trabalho financiado pelo Convênio CHESF/Embrapa.

RESUMO: A Embrapa, em parceria com a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf), realizou estudos para avaliar os efeitos da substituição do sistema de irrigação por sulco pelo sistema de irrigação por gotejamento em cultivo de melancia, com a finalidade de evitar a contaminação das águas do lago e do lençol freático por produtos químicos. O sistema de irrigação composto por mangueira gotejadora, emissor espaçado de 0,3 m entre si e vazão de 1 L.h⁻¹. O espaçamento entre fileira de plantas foi de 2 metros e 0,5 m entre plantas na fileira. As doses de nitrogênio, potássio e fósforos recomendadas foram calculadas de acordo com os resultados de análise de solo de cada área

e, aplicadas via água de irrigação. As maiores produtividades foram obtidas com irrigação por gotejamento (56 a 72 t.ha⁻¹), comparada com irrigação por sulco com produtividades variando entre 30 a 36t.ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: *Citrullus lanatus*, manejo de irrigação, fertirrigação.

IMPACT ON RURAL DEVELOPMENT: THE CASE OF DRIP IRRIGATED WATERMELON IN THE CHESF PROJECT

ABSTRACT: Embrapa, in partnership with the Hydroelectric Company of São Francisco (Chesf), carried out studies to evaluate the effects of the substitution of the furrow irrigation by the drip irrigation system in the watermelon crop, in order to avoid contamination lake water and groundwater by chemicals. The drip irrigation system composed of drip tape, emitter spaced 0.3 meters and flow of 1 L.h⁻¹. The row spacing of plants was 2 meters and 0.5 meters between plants in the row. The recommended nitrogen, potassium and phosphorus doses were calculated according to the soil analysis results of each area. The nutrients were applied through the irrigation water. The highest yields were obtained with drip irrigation (56 to 72 tons.ha⁻¹), compared to furrow irrigation with yields ranging from 30 to 36 tons.ha⁻¹.

KEYWORDS: *Citrullus lanatus*, irrigation management, fertigation.

1 | INTRODUÇÃO

A necessidade de produzir alimentos saudáveis no entorno do lago de Sobradinho, com preservação dos recursos naturais, solo e água, levou a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf) a firmar uma parceria com a Embrapa, para a execução de um projeto contemplando, tanto a agricultura irrigada quanto a agricultura de sequeiro, com a finalidade de orientar os produtores dos municípios da margem do lago de Sobradinho a adotar tecnologias específicas a cada tipo de atividade agropecuária (CORREIA, 2009).

O desperdício de água verificado pelos sistemas de irrigação por sulco em comparação com a irrigação por gotejamento, além de aumentar os custos de produção, acarreta custos ambientais pelo comprometimento da disponibilidade de água, lixiviação de nutrientes e risco de salinização de solos. Esta situação tem levado vários projetos de irrigação, em todo o mundo, a uma condição de baixa sustentabilidade econômica e socioambiental (CHRISTOFIDIS, 2003).

O método de irrigação por gotejamento, por apresentar maior eficiência e menor consumo de água e energia, esse método vem se apresentando como o mais recomendado, principalmente, em regiões onde o insumo água é limitado. A tensão da água no solo determina o momento de iniciar e o momento de finalizar a irrigação. Inicia-se quando a tensão da água no solo atinge 30 kPa e finaliza quando chega a 20 kPa (SHOCK e SHOCK, 2012).

No Brasil, a produção de melancia foi de 2,09 milhões de toneladas, com produção média de 23,11 t. ha⁻¹. É uma cultura de importância econômica e social, principalmente para o nordeste brasileiro, região responsável por 31 % da produção brasileira. A Bahia é o estado com maior produção, com produtividade média de 16,72 t.ha⁻¹; em Pernambuco a produtividade média fica em torno de 19 t.ha⁻¹ (IBGE, 2018).

A substituição do sistema de irrigação por sulco pela irrigação localizada possibilita o uso da fertirrigação, técnica esta que vem sendo praticada com frequência em diversas culturas, principalmente nas regiões e polos agrícolas mais desenvolvidos, proporcionando aumento de produtividade e, conseqüentemente, obtenção de maior lucro pelos produtores. Em países cujo patamar de produtividade é elevado, a fertirrigação também tem sido recomendada, pois promove o aumento da eficiência de aproveitamento de nutrientes, com diminuição da contaminação dos mananciais (MANTOVANI et al., 2006).

A área dos municípios do Lago de Sobradinho, localizada no norte do Estado da Bahia, totaliza aproximadamente 40.000 km². Embora situada às margens de um lago, em épocas com deficiência de precipitações pluviométricas, a escassez de água se constitui num dos fatores limitantes para a produção agrícola e, conseqüentemente, o seu uso deve ser racional, de modo a permitir as atividades agrícolas e outras, como a criação de animais e a produção de energia elétrica, finalidades inerentes da barragem de Sobradinho (CORREIA, 2009).

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da substituição do sistema de irrigação por sulco pelo sistema de irrigação por gotejamento na cultura da melancia e da introdução de tecnologias para a produção agrícola, a exemplo da fertirrigação.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Em cada propriedade inserida no Projeto Lago de Sobradinho, foi implantada uma área de um hectare com a cultura de melancia irrigada por gotejamento.

Utilizou-se a cultura da melancia, cultivar Crimson sweet e o sistema de irrigação foi por gotejamento, com espaçamento dos emissores igual a 0,3 m e vazão de 1 L.h⁻¹. O Espaçamento entre fileira de plantas foi de 2 metros e entre plantas na fileira foi 0,30m. Calculou-se a da lâmina de água com base na evapotranspiração potencial e coeficiente de cultivo (kc) da cultura da melancia.

As doses de nitrogênio, potássio e fósforos recomendadas foram calculadas de acordo com os resultados de análise de solo de cada área e aplicadas via água de irrigação.

O projeto disponibilizou todos os insumos, entre os quais, sementes, fertilizantes, defensivos químicos, a preparação do solo e a instalação do sistema de irrigação, a análise de solo e água, a recomendação de adubação e fertirrigação, as orientações técnicas para a condução dos cultivos e o manejo da irrigação e fertirrigação. A contrapartida do produtor foi o custo com energia para o bombeamento da água para a irrigação e a mão de obra para execução das atividades. A produção ficou com o produtor e ele também se responsabilizou pela comercialização.

O procedimento de coleta de dados foi composto de duas etapas: a primeira, no início do projeto, realizando diagnósticos dos sistemas agrários e agrícolas, por meio da aplicação de questionários, com a finalidade de seleção dos produtores. No final da vigência do projeto, aplicou-se novamente questionários para quantificar o aumento de produtividade, a adoção de tecnologias, o aumento de área cultivada e a avaliação pelos produtores da eficiência da tecnologia propostas.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 que a produtividade da melancia variou de 55 a 72 t.ha⁻¹, com irrigação por gotejamento, superior aos valores alcançados por Miranda et. al. (2005) e Clark et. al. (1994) que obtiveram produtividade variando entre 42,50 e 45,29 t.ha⁻¹. Com irrigação por sulco, a produtividade variou de 30 a 36 t.ha⁻¹. Diferentes das produtividades encontradas por Monteiro et. al. (1998) e Brinen et. al. (1979) com valores na faixa de 12,86 a 20,21 t.ha⁻¹. Considerando que o sistema de irrigação por gotejamento proporciona maior eficiência de irrigação, exigindo menores quantidade de água e as irregularidades das precipitações pluviométricas, tornando-se recorrentes com

maior frequência, disponibilizando menores volumes de água, recomenda-se a adoção da irrigação por gotejamento.

Produz	Município	Área prop. (ha)	Área irrigada antes do projeto (ha)	Área implantada pelo projeto (ha)	Área irrigada após o projeto (ha)	Prod antes do projeto (t.ha ⁻¹)	Prod após o projeto (t.ha ⁻¹)
1	Pilão Arcado		3	1	8	36	72
2	Remanso		2	1	4	32	55
3	Remanso		0	1	4		60
4	Sento Sé		0	1	6		56
5	Sobradinho		2	1	10	30	60

Tabela 1. Áreas cultivadas e produtividades obtidas pelos produtores de melancia assistidos pelo projeto Lago de Sobradinho, antes e após a execução do projeto.

A irrigação por gotejamento permite aos produtores, independente da dimensão da área cultivada, adotar tecnologias para aplicação e manejo de água e fertilizantes. As produtividades obtidas nas áreas trabalhadas pelo projeto, que ficaram entre 56 e 72 t.ha⁻¹, mostram que há possibilidade de aumento da produtividade da melancia com o emprego de tecnologias de manejo racional da irrigação e fertirrigação.

Os produtores participantes do projeto aprovaram a substituição do sistema de irrigação por sulco, pelo sistema de irrigação localizada, por gotejamento. A estes, que inicialmente foi fornecido pelo projeto o equipamento de irrigação por gotejamento para uma área de um hectare, após os resultados obtidos, por iniciativa própria, expandiram suas áreas irrigadas por gotejamento.

Com o aumento da eficiência produtiva e conseqüente aporte financeiro em suas propriedades, gerou significativos impactos socioeconômicos positivos, como a melhoria na qualidade de vida dos agricultores participantes do projeto, pode ser avaliada pelo aumento da renda familiar advinda do aumento da área plantada com melancia e de sua produtividade, que proporcionou a aquisição bens (terreno, motos, tratores, pulverizadores, tubos de PVC e mangueira de gotejadores para ampliação da área irrigada) e pela realização de serviços em suas unidades produtivas (construção, reforma de cercas, reforma de casas).

No município de Sento Sé, aonde observou-se problemas de uso exagerado de insumos, que podem afetar a qualidade da água que é consumida por moradores dessas localidades, verificou-se redução de até 67% na aplicação de produtos químicos, minimizando a possibilidade de contaminação das fontes de água.

4 | CONCLUSÕES

Obtiveram-se maiores produtividades com irrigação por gotejamento (56 a 72 t.ha⁻¹), comparada com irrigação por sulco com produtividades variando entre 30 a 36t.ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

BRINEN, G.H.; LOCASCIO, S. J.; ELMSTROM, G. W. Plant and row spacing, mulch, and fertilizer rate effects on watermelon production. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 104, n.6, p. 724-726, 1979.

CLARK, G. A.; MAYNARD, D. N.; STANLEY, C. D. Drip-irrigation management for watermelon in a humid region. **Applied Engineering in Agriculture**, v.12, n.3, p.335-340, 1996.

CHRISTOFIDIS, D. Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, p. 371, 2003. Número especial.

CORREIA, R.C. (Coord.). Ações de desenvolvimento para produtores agropecuários e pescadores do território do entorno da Barragem de Sobradinho-BA. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. 82p.

IBGE Produção Agrícola Municipal. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acessado em 12.julho.2019.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação**: princípios e práticas. Viçosa: UFV, 2006. 318p.

MIRANDA, F. R.; MONTENEGRO, A. A. T.; JOHN, J. G. Produtividade da melancia irrigada por gotejamento em diferentes espaçamentos de plantio **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 158 – 162, 2005.

SHOCK, C. C; SHOCK, C. B. Research, extension, and good farming practices improve water quality and productivity. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, n. 1 p. 14-30, 2012.

SOARES, J. M.; BRITO, L. T. L.; RESENDE, G. M. de; CHOUDHURY, M. M. Níveis de nitrogênio via água de irrigação e densidade de plantio na cultura da melancia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 38, 1998. Petrolina, 1998. Olericultura Sustentável: resumos. Petrolina: Embrapa-Cpatsa; SOB, 1998. Em Horticultura Brasileira, Brasília, DF: v. 16, n. 1, maio 1998.

CAPÍTULO 2

EVOLUÇÃO DA ÁREA DE AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL NAS ÚLTIMAS DÉCADAS

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 03/07/2020

Sérgio Luiz Aguilar Levien

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)

Mossoró – Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/6535336118387713>

Vladimir Batista Figueirêdo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)

Mossoró – Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/3936754292058771>

Luiz Eduardo Vieira de Arruda

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)

Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/7381923755815204>

RESUMO: No interior nordestino os projetos de irrigação impeliram o avanço de uma moderna agricultura: a fruticultura para exportação e a produção de vinho, presente na área em torno de Petrolina, em Pernambuco, Juazeiro, na Bahia, e na área do Agropolo Assu-Mossoró, no Rio Grande do Norte, beneficiada pela grande insolação, mão-de-obra e existência de solos com alta fertilidade mineral. Buscando obter informações importantes para o planejamento do crescimento sustentável da agricultura irrigada e o uso eficiente dos recursos hídricos da Região Nordeste do Brasil, objetivou-se com este trabalho analisar os dados sobre irrigação na região com

base nos Censos Agropecuários do IBGE de 1996, 2006 e 2017, bem como nos dados obtidos do Atlas Irrigação da ANA de 2017 e 2019. A área de agricultura irrigada na Região Nordeste do Brasil variou de 751886 ha, em 1996, a 1255729 ha, em 2017, havendo um acréscimo de 67,01% na área irrigada na Região, nas últimas duas décadas. Baseado em uma projeção tendencial a área irrigada na Região Nordeste do Brasil deve atingir 1623237 ha, em 2030.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura nordestina, métodos de irrigação, área irrigada, desenvolvimento sustentável, recursos hídricos.

EVOLUTION OF IRRIGATED AGRICULTURE AREA IN NORTHEAST REGION OF BRAZIL IN RECENT DECADES

ABSTRACT: In the northeastern interior of Brazil, irrigation projects have propelled the advance of a modern agriculture: fruit growing for export and wine production, present in the area around Petrolina, in Pernambuco, Juazeiro, in Bahia, and in the area of Agropolo Assu-Mossoró, in Rio Grande do Norte, benefited by the great insolation, labor and existence of soils with high mineral fertility. In order to obtain important information for the planning of sustainable growth of irrigated agriculture and the efficient use of water resources in the Northeast region of Brazil, the objective of this work was to analyze the irrigation data in the region based on the Agricultural Census of IBGE of 1996, 2006 and 2017, as well as the data obtained from the Irrigation Atlas of ANA of 2017 and 2019. The irrigated agriculture area in the Northeast region

of Brazil ranged from 751886 ha, in 1996, to 1255729 ha, in 2017; with an increase of 67.01% in the irrigated area in the Region, in the last two decades. Based on a trend projection the irrigated area in Northeast region of Brazil is expected to reach 1623237 ha in 2030.

KEYWORDS: Northeastern agriculture, irrigation methods, irrigated area, sustainable development, water resources.

1 | INTRODUÇÃO

A Região Nordeste é uma das cinco regiões do Brasil definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 1969. Em comparação com as outras regiões brasileiras, possui a segunda maior população e o terceiro maior território. É a região que detém o maior número de estados (nove no total): Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe.

A área do Nordeste brasileiro é de 1554291,107 km², equivalente a 18% do território nacional e é a região que possui a maior costa litorânea. Limita-se a norte e leste com o Oceano Atlântico, ao sul com os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e a oeste com os estados do Pará, Tocantins e Goiás. A população da região em 2019 é estimada em 57071654 habitantes. Atualmente, a Região Nordeste do Brasil, administrativamente, é dividida em 1794 municípios distribuídos no espaço geográfico das nove Unidades da Federação.

A cana-de-açúcar é o principal produto agrícola da região, produzido principalmente por Alagoas, Pernambuco e Paraíba. Também é importante destacar os plantios de soja (Bahia, Maranhão e Piauí), algodão (Bahia, Maranhão, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte), arroz (Maranhão), tabaco (Alagoas e Bahia) e caju (Piauí, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará), além de uvas finas, manga, melão, acerola e outros frutos para consumo interno e exportação (Pernambuco, Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte). Destacam-se ainda os plantios de cacau em Ilhéus e Itabuna, de café na região de Vitória da Conquista e de feijão em Irecê, no estado da Bahia.

No sertão nordestino os projetos de irrigação impeliram o avanço de uma moderna agricultura: a fruticultura para exportação e a produção de vinho, presente principalmente na área em torno de Petrolina, em Pernambuco, Juazeiro, na Bahia, e na área do Agropolo Assu-Mossoró, no Rio Grande do Norte, beneficiada pela grande insolação, mão-de-obra e existência de solos com alta fertilidade mineral. O Agropolo Petrolina-Juazeiro é o maior exportador de frutas e o segundo maior Polo Vitivinicultor do Brasil. Entretanto, predomina na região a agricultura de subsistência, prejudicada, às vezes, pelas constantes estiagens.

As informações anteriores sobre a região, apresentadas de uma forma resumida, são obtidas em material da Internet dos portais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), da Agência Nacional de Águas (ANA), da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), e da enciclopédia livre WIKIPEDIA.

Poucas são as fontes de dados, encontradas na literatura, sobre o panorama da irrigação na região Nordeste do Brasil, além dos Censos Agropecuários de 1996, 2006 e 2017 (IBGE, 1998; IBGE, 2007; IBGE, 2012; IBGE, 2018; IBGE, 2019) e o Atlas Irrigação (ANA, 2017; SNIRH, 2020).

Objetivou-se com este trabalho analisar os dados sobre irrigação na região Nordeste do Brasil com base nos Censos Agropecuários do IBGE de 1996, 2006 e 2017, bem como nos dados obtidos do Atlas Irrigação da ANA de 2017 e 2019, com a finalidade de obter informações importantes para o planejamento do crescimento sustentável da agricultura irrigada e o uso eficiente dos recursos hídricos da Região.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dados obtidos dos Censos Agropecuários (IBGE, 1998; IBGE, 2007; IBGE, 2012; IBGE, 2018; IBGE, 2019; IBGE, 2020; SIDRA, 2020) são resultados de pesquisa de campo realizada para saber se houve irrigação no estabelecimento agropecuário e, em caso positivo, qual a área total irrigada e a área irrigada pelos respectivos métodos de irrigação utilizados, no período de referência.

Considera-se irrigação a prática de aplicar água, que não a da chuva, diretamente à superfície do solo cultivado com pastos ou culturas, em quantidades e intervalos determinados, com a finalidade de fornecer água às plantas em condições apropriadas ao seu crescimento e produção (IBGE, 2020).

Já os dados obtidos do Atlas Irrigação (ANA, 2017; SNIRH, 2020) são resultados de apresentação de uma retrospectiva, um panorama atual e uma visão de futuro sobre a agricultura irrigada brasileira, com foco no levantamento de áreas irrigadas, no potencial de expansão e no uso da água associado. Essa base técnica visa subsidiar as tomadas de decisão com vistas à segurança hídrica e à garantia dos usos múltiplos da água.

A irrigação é o maior uso da água no Brasil e no mundo. A prática visa o fornecimento de água, de forma artificial, para suprir o que não é fornecido pelas fontes naturais, visando o pleno desenvolvimento das culturas (SNIRH, 2020).

A salinização do solo (aumento da concentração de sais) e a diminuição da capacidade de infiltração são subprodutos do manejo inadequado dos equipamentos e recursos ambientais. A fonte dos sais é a própria água utilizada pela irrigação ou por meio da elevação do lençol freático. Diversas áreas irrigadas do mundo são afetadas por esse processo, ocasionando reduções expressivas de produtividade, abandono das áreas agrícolas e salinização dos próprios cursos d'água com impactos em outros usos da água e na biodiversidade. Embora no Brasil seja uma preocupação crescente, grande parte das áreas irrigadas está em regiões com boa lixiviação e drenagem do solo e utiliza água de boa qualidade, o que atenua o processo de salinização. Na Região Nordeste, onde os solos não apresentam estas características, o processo já ocorre de forma mais avançada (ANA, 2017).

Inicialmente, realizou-se, no presente trabalho, um levantamento dos dados apresentados nos relatórios dos Censos Agropecuários de 1996, 2006 e 2017 (IBGE, 1998; IBGE, 2007; IBGE, 2012; IBGE, 2018; IBGE, 2019) sobre a irrigação na Região Nordeste do Brasil, comparando os mesmos entre si.

Avaliou-se, também, a irrigação nos nove estados que compõem a região (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia).

Os dados analisados em relação à Região Nordeste e às Unidades da Federação que a formam foram: área total irrigada e área irrigada por métodos de irrigação. Os critérios de classificação adotados pelo IBGE, usados nos três Censos Agropecuários analisados, são resultados das pesquisas realizadas em cada um deles de maneiras diferentes, e são apresentados na Tabela 1.

Censo	Crítérios
1996	Pesquisaram-se os estabelecimentos que habitualmente utilizavam métodos de irrigação (inundação, infiltração, aspersão e outros; sem considerar como irrigação a simples rega manual com baldes, regadores, pequenas mangueiras domésticas etc...), e contabilizou-se somente a área total irrigada, mas não as áreas irrigadas pelos diferentes métodos.
2006	Pesquisou-se a área total irrigada nos estabelecimentos agropecuários e as áreas irrigadas pelos respectivos métodos de irrigação utilizados [inundação, sulcos, aspersão (pivô central), aspersão (outros métodos), localizado (gotejamento, microaspersão etc...), outros métodos de irrigação e/ou de molhação], e contabilizou-se tanto a área total irrigada como as áreas irrigadas pelos seis diferentes métodos.
2017	Pesquisou-se se houve irrigação no estabelecimento e, em caso positivo, qual a área total irrigada e as áreas irrigadas pelos respectivos métodos de irrigação utilizados [inundação, sulcos; outros (corrugação, faixa etc...), autopropelido/carretel enrolador, pivô central, aspersão convencional (portátil, semiportátil, fixo, semifixo, canhão hidráulico, malha), gotejamento superficial, microaspersão, xique-xique, potejamento etc..., gotejamento subsuperficial, e molhação], e contabilizou-se tanto a área total irrigada como as áreas irrigadas pelos onze diferentes métodos.

Tabela 1. Critérios de classificação do IBGE usados nos diferentes Censos Agropecuários

Fonte: IBGE (1998); IBGE (2007); IBGE (2012); IBGE (2018); IBGE (2019)

De acordo com a metodologia adotada na pesquisa do IBGE, se uma mesma área tivesse sido irrigada mais de uma vez no período de referência, pelo mesmo método, registrou-se a área somente uma vez; e, se uma mesma área tivesse sido irrigada no período de referência, por métodos diferentes, registrou-se a área no método que o produtor considerou como sendo o principal (IBGE, 2020).

Para analisar os dados apresentados nos Censos Agropecuários do IBGE, agrupou-se e tabulou-se os mesmos, considerando-se a área total irrigada e as áreas irrigadas usando os seguintes métodos de irrigação (Tabela 2): irrigação por superfície, irrigação por aspersão, irrigação localizada, e outros métodos de irrigação.

Método de irrigação	Métodos (sistemas) considerados pelo IBGE
Irrigação por superfície	inundação, sulcos e outros (corrugação, faixa etc...);
Irrigação por aspersão	autopropelido/carretel enrolador, pivô central, e aspersão convencional (portátil, semiportátil, fixo, semifixo, canhão hidráulico, malha);
Irrigação localizada	gotejamento superficial, microaspersão, gotejamento subsuperficial, e xique-xique, potejamento etc...;
Outros métodos de irrigação	molhação (regas manuais, por meio da utilização de mangueiras, baldes, regadores, latões etc...).

Tabela 2. Métodos de irrigação assumidos pelos autores na tabulação dos dados dos diferentes Censos Agropecuários

Fonte: IBGE (1998); IBGE (2007); IBGE (2012); IBGE (2018); IBGE (2019)

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 3, 4, e 5 são mostradas as informações obtidas dos três últimos Censos Agropecuários do IBGE onde são apresentadas as áreas totais com uso de irrigação e as áreas usadas com os diferentes métodos de irrigação, de acordo com as classificações assumidas pelo IBGE e transformadas para as classificações assumidas pelos autores deste trabalho, no Brasil, nas Grandes Regiões, e nos estados nordestinos.

Região	Método de irrigação
	Total Geral
	ha
BR	3121642
N	83022
NE	751886
SE	929189
S	1096592
CO	260952
MA	16521
PI	18254
CE	108998
RN	45778
PB	63548
PE	118400
AL	156992
SE	13691
BA	209705

Tabela 3. Área com uso de irrigação: Censo 1996

Fonte: IBGE (1998)

Região	Método de irrigação							
	Total Geral	Superfície		Aspersão		Localizada		Outros
		I	S	P	O	G	M	
ha								
BR	4545534	1166350	189721	892887	1593560	330774	372244	
N	109582	34487	4091	9076	31385	5018	25525	
NE	1007657	69633	109732	207757	420963	105455	94118	
SE	1607681	27815	28417	413562	738557	193217	206114	
S	1238812	1003115	15291	61488	110484	17654	30781	
CO	581801	31299	32191	201004	292170	9430	15706	
MA	64059	4461	4600	8774	29238	1994	14992	
PI	30948	7330	3302	1271	11445	2830	4769	
CE	117381	21378	11813	5283	34622	18360	25925	
RN	54716	3457	3257	7926	27231	9749	3095	
PB	58683	3789	4614	9834	33525	3789	3132	
PE	152917	6325	21036	20887	73264	17828	13577	
AL	195764	2058	3066	73041	110049	3866	3684	
SE	20521	3775	1842	5510	5524	3024	847	
BA	312668	17061	56202	75231	96064	44015	24097	

Tabela 4. Área com uso de irrigação: Censo 2006

*Métodos de irrigação: Superfície = irrigação por superfície; Aspersão = irrigação por aspersão; Localizada = irrigação localizada ou microirrigação; Outros = outros métodos de irrigação

**Sistemas de irrigação: I = irrigação por inundação; S = irrigação por sulcos; P = irrigação por Pivô Central; O = irrigação por outros métodos de aspersão; G = irrigação por gotejamento, microaspersão etc...; M = outros métodos de irrigação e/ou de molhação

Fonte: IBGE (2007); IBGE (2012)

Região	Método de irrigação											
	Total Geral	Superfície			Aspersão				Localizada			Outros
		I	S	O	A	P	C	Gs	M	Gss	R	
ha												
BR	6694245	1398506	89599	79494	745532	1420521	1077876	1017358	557542	45659	25899	236258
N	372893	87465	19245	60680	19828	21077	26129	34934	53459	7085	4243	38747
NE	1255729	23812	38178	5055	82797	232660	285489	242945	200248	7543	5646	131356
SE	2661535	13789	20194	6209	332278	616386	651105	655247	286565	18911	11950	48901
S	1676183	1242302	10771	6201	95407	196899	68642	30326	8981	6597	845	9213
CO	727905	31139	1211	1350	215223	353498	46511	53905	8289	5523	3216	8041
MA	64466	2297	264	444	8582	18127	11226	14172	2319	16	389	6628
PI	33368	3927	1078	236	723	4273	10788	5345	4352	102	168	2377

CE	222900	6620	1592	335	358	4681	36505	36612	46192	1112	1246	87648
RN	61189	1105	830	94	4003	3954	16817	23753	8812	209	164	1448
PB	97514	529	338	136	10186	10684	57893	7183	7512	303	706	2044
PE	190299	2303	9534	823	7659	12913	64955	33625	44737	2225	577	10950
AL	151165	2554	1875	976	39520	39022	54646	7908	3390	182	210	882
SE	29104	3677	39	30	3141	642	11847	2661	6527	39	74	427
BA	405724	800	22629	1980	8625	138365	20812	111686	76408	3356	2113	18951

Tabela 5. Área com uso de irrigação: Censo 2017

*Métodos de irrigação: Superfície = irrigação por superfície; Aspersão = irrigação por aspersão; Localizada = irrigação localizada ou microirrigação; Outros = outros métodos de irrigação

**Sistemas de irrigação: I = irrigação por inundação; S = irrigação por sulcos; O = irrigação por corrugação, faixa etc...; A = irrigação por autopropelido/carretel enrolador; P = irrigação por Pivô Central; C = irrigação por aspersão convencional (portátil, semiportátil, fixo, semifixo, canhão hidráulico, malha); Gs = irrigação por gotejamento superficial; M = irrigação por microaspersão; Gss = irrigação por gotejamento subsuperficial; R = irrigação por métodos rústicos de gotejamento (xique-xique, potejamento etc...); M = irrigação por molhação (regas manuais, por meio da utilização de mangueiras, baldes, regadores, latões etc...)

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

Na Tabela 6 é mostrado um resumo das informações obtidas dos três últimos Censos Agropecuários do IBGE onde são apresentadas as áreas totais irrigadas e as áreas irrigadas usando os métodos de irrigação, de acordo com as classificações assumidas pelos autores deste trabalho, no Brasil, nas Grandes Regiões, e nos estados nordestinos.

Região	Censo Ano										
	1996		2006				2017				
	Área Irrigada										
	(ha)										
	Total	Total	Sup	Asp	Loc	Out	Total	Sup	Asp	Loc	Out
BR	3121642	4545534	1356071	2486447	330774	372244	6694245	1567599	3243929	1646458	236258
N	83022	109582	38578	40461	5018	25525	372893	167390	67034	99721	38747
NE	751886	1007657	179365	628720	105455	94118	1255729	67045	600946	456382	131356
SE	929189	1607681	56232	1152119	193217	206114	2661535	40192	1599769	972673	48901
S	1096592	1238812	1018406	171972	17654	30781	1676183	1259274	360948	46749	9213
CO	260952	581801	63490	493174	9430	15706	727905	33700	615232	70933	8041
MA	16521	64059	9061	38012	1994	14992	64466	3005	37935	16896	6628
PI	18254	30948	10632	12716	2830	4769	33368	5241	15784	9967	2377
CE	108998	117381	33191	39905	18360	25925	222900	8547	41544	85162	87648
RN	45778	54716	6714	35157	9749	3095	61189	2029	24774	32938	1448

PB	63548	58683	8403	43359	3789	3132	97514	1003	78763	15704	2044
PE	118400	152917	27361	94151	17828	13577	190299	12660	85527	81164	10950
AL	156992	195764	5124	183090	3866	3684	151165	5405	133188	11690	882
SE	13691	20521	5617	11034	3024	847	29104	3746	15630	9301	427
BA	209705	312668	73263	171295	44015	24097	405724	25409	167802	193563	18951

Tabela 6. Áreas irrigadas totais e por métodos de irrigação utilizados no Brasil, nas Grandes Regiões brasileiras e nos estados nordestinos: anos de 1996, 2006 e 2017

*Métodos de irrigação: Sup = irrigação por superfície; Asp = irrigação por aspersão; Loc = irrigação localizada ou microirrigação; Out = outros métodos de irrigação

Fonte: IBGE (1998); IBGE (2007); IBGE (2012); IBGE (2018); IBGE (2019)

Com base nos dados analisados dos três últimos Censos Agropecuários (Tabelas 6 e 7) a área irrigada na Região Nordeste do Brasil variou de 751886 ha, em 1996, a 1255729 ha, em 2017; havendo um acréscimo de 67,01% na área irrigada na Região, nas últimas duas décadas.

Região	Área irrigada			Diferenças			Relações		
	1996 (a)	2006 (b)	2017 (c)	(b-a)	(c-b)	(c-a)	(b/a)	(c/b)	(c/a)
	ha			ha			%		
BR	3121642	4545534	6694245	1423892	2148711	3572603	145,61	147,27	214,45
N	83022	109582	372893	26560	263311	289871	131,99	340,29	449,15
NE	751886	1007657	1255729	255771	248072	503843	134,02	124,62	167,01
SE	929189	1607681	2661535	678492	1053854	1732346	173,02	165,55	286,44
S	1096592	1238812	1676183	142220	437371	579591	112,97	135,31	152,85
CO	260952	581801	727905	320849	146104	466953	222,95	125,11	278,94
MA	16521	64059	64466	47538	407	47945	387,74	100,64	390,21
PI	18254	30948	33368	12694	2420	15114	169,54	107,82	182,80
CE	108998	117381	222900	8383	105519	113902	107,69	189,89	204,50
RN	45778	54716	61189	8938	6473	15411	119,52	111,83	133,66
PB	63548	58683	97514	-4865	38831	33966	92,34	166,17	153,45
PE	118400	152917	190299	34517	37382	71899	129,15	124,45	160,73
AL	156992	195764	151165	38772	-44599	-5827	124,70	77,22	96,29
SE	13691	20521	29104	6830	8583	15413	149,89	141,83	212,58
BA	209705	312668	405724	102963	93056	196019	149,10	129,76	193,47

Tabela 7. Evolução das áreas dos estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação no Brasil, nas Grandes Regiões brasileiras e nos estados nordestinos: anos de 1996, 2006 e 2017

Fonte: IBGE (1998); IBGE (2007); IBGE (2012); IBGE (2018); IBGE (2019)

Analisando os dados apresentados nos relatórios, observa-se que as áreas irrigadas de acordo com os métodos de irrigação utilizados (Figura 1) são, atualmente, 67045 ha, irrigação por superfície, 600946 ha, irrigação por aspersão, 456382 ha, irrigação localizada, e 131356 ha, outros métodos de irrigação; representando 5,34%; 47,86%; 36,34% e 10,46% da área total irrigada, respectivamente (Figura 2).

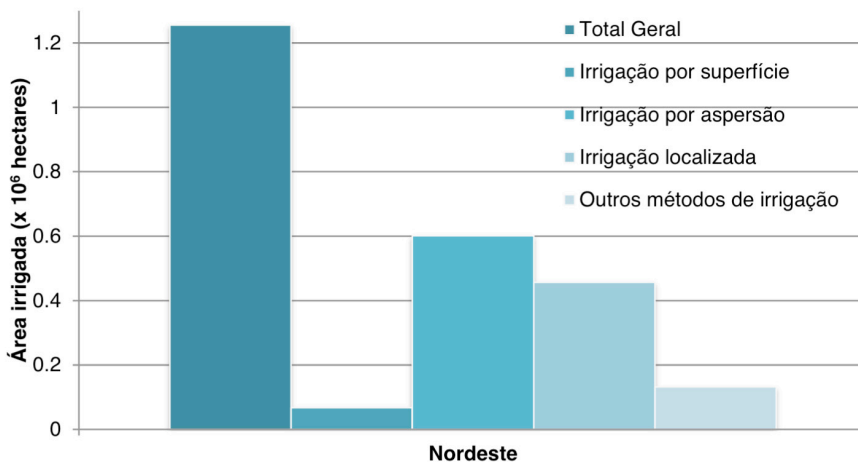


Figura 1. Áreas irrigadas na Região Nordeste no ano de 2017: área total e áreas por métodos utilizados

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

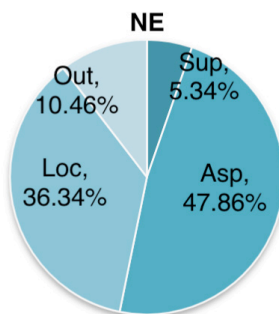


Figura 2. Distribuição dos métodos de irrigação utilizados na Região Nordeste do Brasil no ano de 2017

*Métodos de irrigação: Sup = irrigação por superfície; Asp = irrigação por aspersão; Loc = irrigação localizada ou microirrigação; Out = outros métodos de irrigação

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

Em termos de Grandes Regiões do Brasil a região apresenta a terceira maior área irrigada, colocando-se atrás de Sudeste e Sul.

Com relação aos estados que formam a Região Nordeste (Tabelas 6 e 7), pode-se afirmar que, atualmente, a irrigação está mais concentrada em quatro estados (Figura 3), Bahia, com uma área de 405724 ha, cerca de 32%; Ceará, com 222900 ha, cerca de 18%; Pernambuco, com 190299 ha, cerca de 15%; e Alagoas, com 151165 ha, cerca de 12% da área irrigada na região (Figura 4).

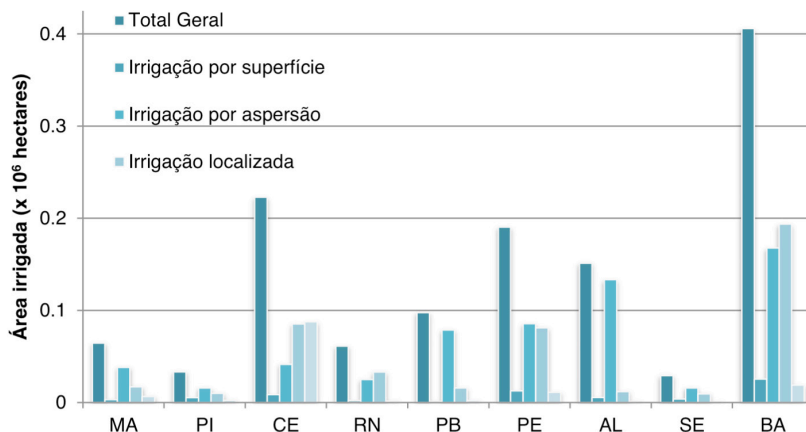


Figura 3. Áreas irrigadas nos estados que formam a região Nordeste no ano de 2017: área total e áreas por métodos utilizados

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

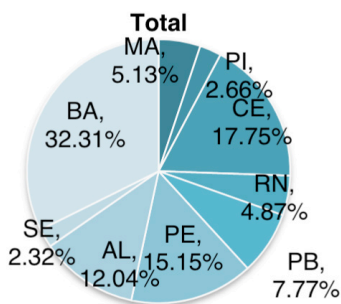


Figura 4. Distribuição da área total irrigada nos estados que compõem a Região Nordeste do Brasil no ano de 2017

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

A distribuição dos métodos de irrigação utilizados em cada Unidade da Federação que formam a Região Nordeste do Brasil no ano de 2017 é mostrada na Figura 5.

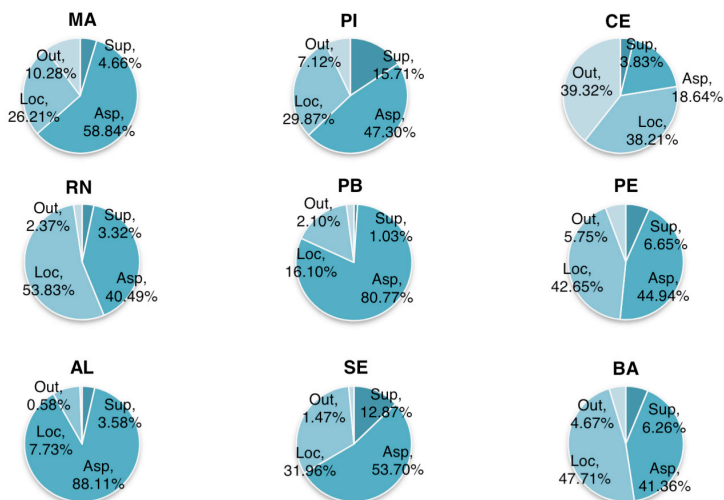


Figura 5. Distribuição dos métodos de irrigação utilizados em cada Unidade da Federação da Região Nordeste do Brasil no ano de 2017

*Métodos de irrigação: Sup = irrigação por superfície; Asp = irrigação por aspersão; Loc = irrigação localizada ou microirrigação; Out = outros métodos de irrigação

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

Quanto às áreas irrigadas de acordo com os métodos de irrigação utilizados, tem-se a irrigação por superfície sendo empregada, principalmente, em áreas dos estados de Bahia (25409 ha), Pernambuco (12660 ha), e Ceará (8547 ha), que corresponde, respectivamente, a 37,90%; 18,88%; e 12,75% da área irrigada com o método na Região Nordeste.

A irrigação por aspersão é utilizada, principalmente, em áreas dos estados de Bahia (167802 ha), Alagoas (133188 ha), Pernambuco (85527 ha), e Paraíba (78763 ha), correspondendo a 27,92%; 22,16%; 14,23%; e 13,11%; respectivamente, da área irrigada com o método na Região Nordeste.

Já a irrigação localizada é utilizada, principalmente, em áreas dos estados de Bahia (193563 ha), Ceará (85162 ha), Pernambuco (81164 ha), e Rio Grande do Norte (32938 ha), que equivale, respectivamente, a 42,41%; 18,66%, 17,78%; e 7,22% da área irrigada com o método na Região Nordeste.

E outros métodos de irrigação são utilizados, principalmente, em áreas dos estados de Ceará (87648 ha), Bahia (18951 ha), Pernambuco (10950 ha), e Maranhão (6628 ha),

equivalendo a 66,73%; 14,43%; 8,34%; e 5,05%; respectivamente, da área irrigada com o método na Região Nordeste.

Observa-se, também, que os estados de Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte apresentam uma área maior de utilização dos métodos de irrigação localizada devido a produção de fruticultura irrigada estar mais concentrada nestes estados, enquanto que os estados de Bahia, Alagoas, Paraíba e Pernambuco tem uma área maior de utilização de irrigação por aspersão devido a concentração de áreas irrigadas de cana-de-açúcar.

Entre os municípios nordestinos atualmente com maiores áreas irrigadas, podemos citar dez deles: Eusébio (CE) (50021 ha), Juazeiro (BA) (40418 ha), Petrolina (PE) (39357 ha), São Desiderio (BA) (32520 ha), Barreiras (BA) (31092 ha), Aquiraz (CE) (30213 ha), Coruripe (AL) (18604 ha), Riachão das Neves (BA) (17627 ha), Pedra de Fogo (PB) (16768 ha), e Ipu (CE) (15800 ha).

Em estudo realizado pelo Ministério da Integração Nacional (MI), a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) e o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) (MI, 2014) a Região Nordeste apresenta um potencial de expansão efetivo em áreas irrigáveis de 1277000 ha. Já, em ANA (2017) é apresentado outro estudo feito anteriormente do qual se pode concluir que a Região Nordeste teria uma área potencial para irrigação de 1304000 ha.

Há uma carência de dados e informações de diagnóstico sobre a agricultura irrigada e que também ocorre quando se fala de perspectivas futuras. Nos levantamentos sistemáticos e pontuais da agricultura brasileira, os indicadores tendem a ser agrupados em níveis temáticos e espaciais que não permitem a extração de indicadores robustos no desenho de tendências da irrigação. Recomenda-se, também, que o potencial de expansão de áreas irrigadas deve ser observado com cautela, mas que o mesmo é útil para o planejamento geral e o acompanhamento do setor, e que algumas particularidades regionais devem ser analisadas de forma complementar (ANA, 2017), como o uso de água subterrânea em alguns estados da região Nordeste, como Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia.

Na Tabela 8 são resumidas as informações geradas por IBGE (2020) e SNIRH (2020) para dados atuais de área irrigada de 2015, dados atuais de área irrigada de 2017, e uma projeção tendencial da área irrigada para 2030.

Região	Área irrigada			Relações
	2015 (a)	2017 (b)	2030 (c)	(c/a)
	ha			%
Brasil	6954709	6694245	10083451	144,99
Norte	194003	372893	328697	169,43
Nordeste	1171158	1255729	1623237	138,60
Sudeste	2709342	2661535	4160817	153,57
Sul	1696234	1676183	2050396	120,88
Centro-Oeste	1183973	727905	1920304	162,19
Maranhão	84575	64466	93865	110,98
Piauí	32266	33368	36256	112,37
Ceará	70449	222900	86007	122,08
Rio Grande do Norte	57999	61189	85247	146,98
Paraíba	59358	97514	82878	139,62
Pernambuco	146169	190299	155399	106,31
Alagoas	185717	151165	160304	86,32
Sergipe	29845	29104	28418	95,22
Bahia	504780	405724	894863	177,28

Tabela 8. Evolução das áreas com uso de irrigação no Brasil, nas Grandes Regiões brasileiras e nos estados nordestinos: anos de 2015, 2017 e 2030

Fonte: IBGE (2020); SNIRH (2020)

Baseado na projeção tendencial mostrada na Tabela 8, a área irrigada na Região Nordeste do Brasil, em 2030, deve atingir 1623237 ha, um acréscimo de cerca de 39%.

Dentre os estados nordestinos o incremento de área irrigada deve ser entre 11% e 77%, com exceção de dois estados, Alagoas e Sergipe, que deverão ter uma diminuição na área de aproximadamente 13% e 5%, respectivamente. Os estados com maior aumento de área irrigada deverão ser Bahia, Rio Grande do Norte e Paraíba.

4 | CONCLUSÕES

A região Nordeste do Brasil possui uma área irrigada de 1255729 ha, o que representou um crescimento de 67,01% considerando a diferença entre os censos em estudo.

Os métodos de irrigação mais utilizados na região Nordeste são irrigação por aspersão e localizada, com 47,86% e 36,34% da área irrigada, respectivamente.

A irrigação é mais empregada em quatro estados, Bahia, Ceará, Pernambuco, e Alagoas, ocupando cerca de 32%, 18%, 15%, e 12% da área irrigada na região, respectivamente.

Baseado em projeção tendencial a área irrigada na Região Nordeste do Brasil, em 2030, deve ter um acréscimo de cerca de 39%, atingindo 1623237 ha.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017. 86p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Número 1, Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 358p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 146p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Segunda apuração. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 774p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. 108p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 108p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=oque-e>. Acesso em: 25 mar 2020.

MI, Ministério da Integração Nacional. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Piracicaba: MI/ESALQ/IICA, 2014. 215p.

SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**. Disponível em: <sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 25 mar 2020.

SNIRH, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, Agência Nacional de Águas. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Agricultura Irrigada. Disponível em: <www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>. Acesso em: 25 mar 2020,

ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELO MÉTODO DE HARGREAVES-SAMANI ATRAVÉS DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 15/07/2020

Thaís Rayane Gomes da Silva

UFAL, Arapiraca – AL
<http://lattes.cnpq.br/0121048080631433>

Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior

UNESP, Jaboticabal – SP
<http://lattes.cnpq.br/7949757920964231>

Rony de Holanda Costa

UFAL, Arapiraca – AL
<http://lattes.cnpq.br/8845796957672582>

Laylton de Albuquerque Santos

UFAL, Arapiraca – AL
<http://lattes.cnpq.br/6703479105284134>

Samuel Barbosa Tavares dos Santos

UFAL, Arapiraca – AL
<http://lattes.cnpq.br/6814000166503763>

RESUMO: Objetivou-se fornecer ao produtor uma planilha para que se possa calcular a evapotranspiração de referência a partir de dados de uma estação meteorológica de baixo custo. A instalação da estação meteorológica foi localizada no município de Limoeiro de Anadia – AL. A mesma, foi composta por um abrigo meteorológico, um termohigrômetro e um pluviômetro, para obtenção dos valores de precipitação. Foram coletados diariamente os dados de precipitação, temperatura máxima e mínima. A estimativa de evapotranspiração

de referência foi realizada pelo método de Hargreaves-Samani (H-S), sendo utilizados os dados meteorológicos locais. Em relação à precipitação, apresentou valores de 1,38 mm e 0,44 mm. A temperatura máxima durante o período analisado variou entre 29,50 °C a 34,10 °C e temperatura mínima, entre 19,10 °C a 21,20 °C. A evapotranspiração de referência (ET_o) máxima, estimada pelo o método de Hargreaves-Samani, foi de 7,20 mm d⁻¹ e a ET_o mínima de 4,97 mm d⁻¹. A estação meteorológica de baixo custo atuando juntamente com a planilha, que proporciona a estimativa da evapotranspiração de referência, é uma alternativa viável para o produtor, visando atender as necessidades na área agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Termo higrômetro, pluviômetro, temperatura.

ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION BY HARGREAVES-SAMANI METRO THROUGH A LOW-COST METEOROLOGICAL STATION

ABSTRACT: The objective of this work was to provide the producer with a spreadsheet so that the reference evapotranspiration can be calculated with the use of a low cost meteorological station. The installation of the meteorological station was located in the municipality of Limoeiro de Anadia - AL. The meteorological station was composed by a meteorological shelter, a hygrometer term and a rain gauge, to obtain precipitation values. Precipitation, maximum and minimum temperature data were collected daily. The estimation of reference evapotranspiration

was performed using the Hargreaves-Samani method (H-S), using local meteorological data. In relation to precipitation, it presented values of 1.38 mm and 0.44 mm. The maximum temperature during the analyzed period varied between 29,50 ° C to 34,10 ° C and minimum temperature, between 19,10 ° C to 21,20 ° C. The maximum reference evapotranspiration (ET_o), estimated by the Hargreaves-Samani method, was 7.20 mm d⁻¹ and the minimum ET_o was 4.97 mm d⁻¹. The low-cost weather station acting along with the spreadsheet, which provides the estimate of the reference evapotranspiration, is a viable alternative for the producer, aiming to meet the needs in the agricultural area.

KEYWORDS: Thermo hygrometer, pluviometer, temperature.

1 | INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos, em praticamente todas as ciências do conhecimento humano, a destacar a área de eletrônica e automação, apresentaram substancial desenvolvimento, permitindo o monitoramento das mais diversas variáveis em tempo real e com certos níveis de precisão. É neste sentido que as estações meteorológicas automáticas surgirão como uma ferramenta importante como na tentativa de armazenamento dos dados em diferentes situações climáticas, quantidade de armazenagem, resolução, precisão e menor tamanho, valor de custo menor e maior possibilidade de coleta de dados a qualquer momento sem exigir dos recursos humanos com extrema dedicação (SOUZA et al., 2015).

A importância do conhecimento da quantidade de água necessária para as culturas para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação é destacada por Fernandes et al, (2011). Santiago et al. (2016) expõem que, o conhecimento das reais necessidades hídricas dos cultivos torna-se extremamente importante, uma vez que informação dessa natureza é crucial no gerenciamento de água aplicado aos processos produtivos agrícolas. Há diferentes processos aplicáveis para o adequado manejo da irrigação e dentre esses, os que utilizam a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) como parâmetro (Andrade et al., 2016).

Os fenômenos meteorológicos são estudados a partir das observações, experiências e métodos científicos de análise. A observação meteorológica é uma avaliação ou uma medida de um ou vários parâmetros meteorológicos. As observações são sensoriais quando adquiridas por um observador sem ajuda de instrumentos de medição, e instrumentais, em geral chamadas medições meteorológicas, quando realizadas com instrumentos meteorológicos (INMET, 2017). Portanto, os instrumentos meteorológicos são equipamentos utilizados para adquirir dados meteorológicos. A reunião desses instrumentos em um mesmo local é denominada estação meteorológica (WEIRICH, 2015). As estações meteorológicas encontram-se equipadas com instrumentos (ou sensores eletrônicos) de medição e registro das variáveis meteorológicas. Os seus dados são utilizados para a previsão do tempo e para a caracterização do clima (BRITO, 2011).

Segundo Allen et al. (1998) o uso da equação de Hargreaves e Samani (1985) é uma alternativa viável para a estimativa ETo quando há falta de parâmetros climáticos requeridos pelo modelo Penman-Monteith (PM).

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho fornecer ao produtor uma planilha para que possa calcular a evapotranspiração de referência com a utilização de uma estação meteorológica de baixo custo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A instalação da estação meteorológica foi localizada no município de Limoeiro de Anadia – AL, no dia 02 de novembro de 2017. Apresentando as seguintes coordenadas geodésicas: latitude de 9°45'13.6" S, longitude 36°26'56.4" W e altitude de 144 metros, em campo aberto a aproximadamente 1,5 metros de altura.

A estação meteorológica foi composta por um abrigo meteorológico, um termo higrômetro (Termômetro medidor de Temperatura, Umidade (Interno e Externo) com Higrômetro Htc-2^a) e com escala de temperatura (0°C a 50°C), escala de umidade (10%Rh a 99%Rh), com precisão e 0,1°C; e um pluviômetro, para obtenção dos valores de precipitação.

Os equipamentos permaneceram instalados em campo durante 19 dias, sendo realizadas medições diárias para os valores de temperatura, além da coleta pluviométrica. Os abrigos meteorológicos são construções que permitem expor os instrumentos ao ar livre, preservando-os das intempéries e da ação dos raios solares diretos, ou refletidos. Os abrigos, geralmente de madeira, têm persianas duplas e são implantados para evitar a reflexão dos raios solares.

Foram coletados diariamente os dados de temperatura máxima e temperatura mínima, por meio do termo higrômetro. Além de permitir a medição da temperatura interna, externa e da umidade interna. O termo higrômetro funciona como relógio, alarme e armazena o valor máximo e mínimo da temperatura e da umidade. Apresenta como características: alta confiabilidade, durabilidade e simplicidade de operação. Os dados de precipitação foram obtidos por meio do pluviômetro, sendo este instalado junto ao abrigo meteorológico, formando a estação meteorológica. Os valores de precipitação foram mensurados a partir de uma proveta, com graduação de 100 mL.

A estimativa de evapotranspiração de referência foi realizada pelo método de Hargreaves-Samani (H-S) obtendo os dados meteorológicos locais. Sendo utilizada a equação corrigida de Hargreaves-Samani:

$$E_{To} = 0,00325 * Ra * (T_{máx} - T_{mín})^{0,562577} * (T_{méd} - 2,2989) \quad (1)$$

Em que,

Ra – radiação solar no topo da atmosfera, expressa em MJ.m².d⁻¹.

A radiação solar no topo da atmosfera (R_a) foi medida utilizando os dados da distância terra-sol (dr), o ângulo do pôr-do-sol (ω_s), o cosseno e o seno da declinação solar (δ) e da latitude em radianos (Φ).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontra-se na figura 1, os valores de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima. Em relação à precipitação, houve a ocorrência apenas no dia 05 e 18 de novembro, apresentando valores de 1,38 mm e 0,44 mm. A temperatura máxima durante o período analisado variou entre 29,50 °C a 34,10 °C e temperatura mínima, entre 19,10 °C a 21,20 °C.

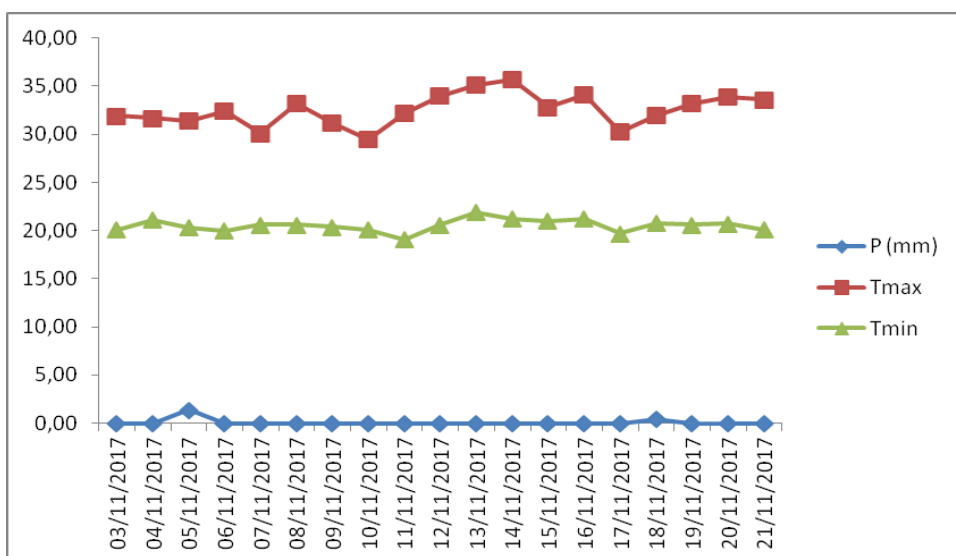


Figura 1: Dados de precipitação (mm), temperatura máxima (°C) e temperatura mínima (°C).

A figura 2 mostra a evapotranspiração de referência (E_{To}), pelo o método de Hargreaves-Samani, a E_{To} máxima foi de 7,20 mm d⁻¹ e a E_{To} mínima de 4,97 mm d⁻¹.

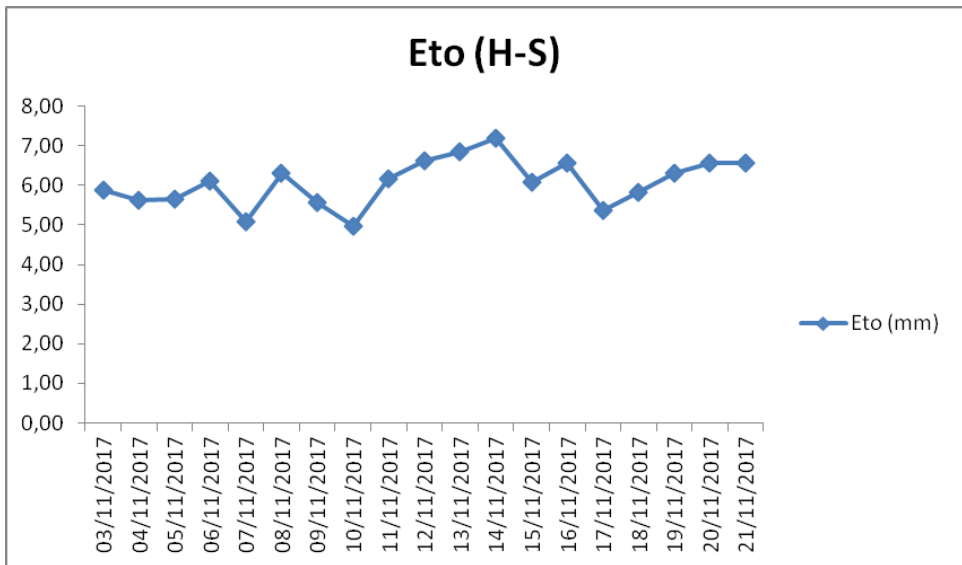


Figura 2: Evapotranspiração de Referência (ETo), pelo método de Hargreaves-Samani (H-S).

Para a obtenção dos gráficos apresentados, foi desenvolvida uma planilha em que foram adicionados diariamente os valores de temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação. Desta forma, foi adicionada a equação de Hargreaves-Samani e assim calculada a evapotranspiração de referência (Figura 3).

LATITUDE		-9,751102					a	0,00325	b	0,56258	c	2,2989
DATA	NDA	dr	δ	ϕ	ωS	Ra (MJ.m ² .dia)	P (mL)	P (mm)	Tmax	Tmin	Tmed	Eto (mm)
03/11/2017	307	1,02	-0,28	-0,17	1,62	39,09	0,00	0,00	31,90	20,10	26,00	5,88
04/11/2017	308	1,02	-0,28	-0,17	1,62	39,11	0,00	0,00	31,70	21,10	26,40	5,62
05/11/2017	309	1,02	-0,29	-0,17	1,62	39,13	22,00	1,38	31,40	20,30	25,85	5,66
06/11/2017	310	1,02	-0,29	-0,17	1,62	39,14	0,00	0,00	32,40	20,00	26,20	6,10
07/11/2017	311	1,02	-0,30	-0,17	1,62	39,15	0,00	0,00	30,10	20,60	25,35	5,10
08/11/2017	312	1,02	-0,30	-0,17	1,62	39,16	0,00	0,00	33,20	20,60	26,90	6,31
09/11/2017	313	1,02	-0,31	-0,17	1,63	39,17	0,00	0,00	31,20	20,40	25,80	5,57
10/11/2017	314	1,02	-0,31	-0,17	1,63	39,18	0,00	0,00	29,50	20,10	24,80	4,97
11/11/2017	315	1,02	-0,32	-0,17	1,63	39,19	0,00	0,00	32,20	19,10	25,65	6,18
12/11/2017	316	1,02	-0,32	-0,17	1,63	39,20	0,00	0,00	34,00	20,60	27,30	6,63
13/11/2017	317	1,02	-0,33	-0,17	1,63	39,21	0,00	0,00	35,10	21,90	28,50	6,84
14/11/2017	318	1,02	-0,33	-0,17	1,63	39,22	0,00	0,00	35,70	21,20	28,45	7,20
15/11/2017	319	1,02	-0,33	-0,17	1,63	39,22	0,00	0,00	32,80	21,00	26,90	6,09
16/11/2017	320	1,02	-0,34	-0,17	1,63	39,23	0,00	0,00	34,10	21,20	27,65	6,57
17/11/2017	321	1,02	-0,34	-0,17	1,63	39,23	0,00	0,00	30,30	19,70	25,00	5,36
18/11/2017	322	1,02	-0,35	-0,17	1,63	39,24	7,00	0,44	32,00	20,80	26,40	5,81
19/11/2017	323	1,02	-0,35	-0,17	1,63	39,24	0,00	0,00	33,20	20,60	26,90	6,32
20/11/2017	324	1,03	-0,35	-0,17	1,63	39,24	0,00	0,00	33,90	20,70	27,30	6,58
21/11/2017	325	1,03	-0,36	-0,17	1,64	39,25	0,00	0,00	33,60	20,10	26,85	6,56

Figura 3: Planilha para calcular a Evapotranspiração de Referência (ETo) pelo método de Hargreaves-Samani.

NDA – Número de Dias do Ano

dr – Distância Terra-Sol

δ – Declinação solar

Φ – Latitude em radianos

ωS – Ângulo no pôr-do-sol

a, b e c – variáveis pertencentes a equação de Hargreaves-Samani

4 | CONCLUSÕES

A estação meteorológica de baixo custo atuando juntamente com a planilha, que proporciona a estimativa da evapotranspiração de referência, é uma alternativa viável para o produtor, visando atender as necessidades na área agrícola.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Roma: FAO, 1998.

ANDRADE, A. D. et al. **Desempenho de métodos de cálculo do coeficiente de tanque para estimativa da evapotranspiração de referência**. Irriga, Botucatu, v. 21, n. 1, p. 119-130, 2016.

BRITO, J. P. S.; et al. **Estação meteorológica de baixo custo**. Vitória da Conquista – BA. Colégio Nossa Senhora De Fátima – Sacramentinas. 2011.

FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. **Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 270-276, 2011.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. **Reference Crop Evapotranspiration from Temperature**. Applied Engineering in Agriculture, v.1, p.96–99, 1985.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=instrumentos> >. Acesso em 21 de novembro de 2017.

SANTIAGO, E. J. P. et al. **Ajuste da equação de Hargreaves e Samani a partir de dados lisimétricos para o município de Juazeiro - BA**. Irriga, Botucatu, p. 108-114, 2016. Edição Especial Irriga & Inovagri.

SOUZA, R. R.; ANTUNES, J. P.; CABRAL, I. **Estação meteorológica experimental de baixo custo**. Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 27, 2015, p. 80-97.

WEIRICH, M. R.; OLIVEIRA, L. S. **Estação meteorológica eletrônica de baixo custo**. II Encontro de Ciência e Tecnologia do IFSUL Campus Bagé. 2015.

AVALIAÇÃO DE UM ALTÍMETRO PARA FINS DE IRRIGAÇÃO

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 01/07/2020

Marcelo Carazo Castro

IFRJ campus Pinheiral
Pinheiral-RJ

<http://lattes.cnpq.br/9281857888927051>

Jean Santiago Sabença Esteves

IFRJ campus Pinheiral
Pinheiral-RJ

<http://lattes.cnpq.br/3615468415176692>

Larissa Nunes Pereira Leite

IFRJ campus Pinheiral
Pinheiral-RJ

<http://lattes.cnpq.br/4841298847620384>

RESUMO: Informações altimétricas são importantes para a elaboração apropriada de projetos de sistemas de irrigação. Tais informações podem ser obtidas com altímetros barométricos que medem a pressão atmosférica e a correlacionam com a altitude do equipamento. Assim, este trabalho objetivou avaliar um altímetro barométrico digital, marca Inpelanyu, modelo C01705, para fins de irrigação. O trabalho foi realizado em uma poligonal aberta com 15 pontos, com desnível total de 50,007 m, no IFRJ *campus* Pinheiral. Com as altitudes dos pontos foram determinados os desníveis e comparados com aqueles obtidos em um nivelamento geométrico de precisão. Observou-se que a exatidão média das altitudes e dos desníveis foram, respectivamente, 10,587 m e

4,397 m, sendo 90 % dos erros esperados até o valor de 7,266 m. Esse erro implica em uma carga hidráulica adicional de 71 kPa, a qual, para não interferir na uniformidade de distribuição de água, exige que a pressão mínima de operação dos emissores seja de 355 kPa. Desta forma, o altímetro avaliado deve ser destinado para trabalhos preliminares de planejamento de sistemas de irrigação de média ou alta pressão, utilizando preferencialmente de desníveis ao invés de altitudes.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto hidráulico, nivelamento, topografia.

EVALUATION OF AN ALTIMETER FOR IRRIGATION PURPOSES

ABSTRACT: Altimetric information is important for the proper design of irrigation system. Such information can be obtained with barometric altimeters that measure the atmospheric pressure and correlate it with the altitude of the equipment. Thus, this paper intended to evaluate a digital barometric altimeter, brand Inpelanyu, model C01705, for irrigation purposes. The work was carried out in an open polygon with 15 points, with total level difference of 50.007 m, at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio de Janeiro (IFRJ) campus Pinheiral. With the altitudes of the points, the level differences were determined and compared with those obtained in a precision geometric levelling. It was observed that the average accuracy of the altitudes and of the level differences were, respectively, 10.587 m and 4.397 m, with 90% of the expected errors up to the value of 7.266 m. This error implies an

additional hydraulic load of 71 kPa which, in order not to interfere with the water distribution uniformity, requires the minimum operating pressure of the emitters to be 355 kPa. Thus, the altimeter evaluated should be used for preliminary planning works of medium or high-pressure irrigation systems, preferably using level differences rather than altitudes.

KEYWORDS: Hydraulic design, levelling, surveying.

1 | INTRODUÇÃO

A altimetria é importante em projetos de irrigação, pois permite determinar a altura manométrica de bombeamento, posicionar válvulas de drenagem e de alívio em adutoras, definir hidrozonas baseadas na declividade e estabelecer o *layout* das linhas laterais visando reduzir a diferença de pressão de operação (Clark, 2011). Além disso, a inclinação do terreno também influencia a distribuição de água na área irrigada por aspersão, observando-se um efeito mais significativo da pressão de operação e do espaçamento em áreas declivosas do que em áreas planas (Zhang et al., 2018).

Para obtenção das informações altimétricas, diversos instrumentos e métodos podem ser empregados. O uso de altímetros digitais permite a identificação imediata da altitude de pontos topográficos, possibilitando também a determinação de desníveis entre eles. Seu funcionamento se baseia no princípio da medição da pressão atmosférica, referente ao peso total da camada de ar existente entre o limite superior da atmosfera e o dispositivo, cujo valor diminui à medida que se aumenta a altitude (Tuler & Saraiva, 2014). A relação entre essas duas grandezas, pressão atmosférica e altitude, é apresentada na equação 1 (James, 1988).

$$P = 101,30 - 1,15 \cdot 10^{-2} \cdot A + 5,44 \cdot 10^{-7} \cdot A^2 \quad (1)$$

Em que,

P – pressão atmosférica, kPa;

A – altitude do equipamento, m.

O uso de altímetros barométricos oferece ainda a vantagem de trabalhos rápidos em grandes áreas (McCormac et al., 2016). Entretanto, faltam muitas vezes informações técnicas para auxiliar a utilização dos mesmos. Assim, este trabalho objetivou avaliar as características de um altímetro digital de baixo custo para aplicações no planejamento de sistemas de irrigação.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma encosta do IFRJ campus Pinheiral, com coordenadas médias de 22° 31' 21,22" S e 43° 59' 27,81" W, onde foram implantados 15 pontos (piquetes) demarcando uma poligonal aberta. Os desníveis entre pontos adjacentes foram determinados com um nível ótico-mecânico de precisão, marca Nikon, modelo AZ-2S, realizando nivelamento geométrico composto e contra-nivelamento. Para fins de comparação posterior, o desnível entre um marco de altitude conhecida de 372,963 m, situado no IFRJ *campus* Pinheiral nas coordenadas UTM 603.841,741 m leste e 7.509.153,402 m norte, quadrícula 23K, e o primeiro ponto foi também determinado e a altitude de cada ponto foi então calculada pelo transporte de altitudes ortométricas.

Foi utilizado um altímetro barométrico digital multifunção, marca Inpelanyu, modelo C01705 (Figura 1), determinando a altitude de cada ponto na primeira semana de maio de 2018, em um total de oito repetições, monitorando-se a temperatura do ar e a umidade relativa, dispondo o altímetro sempre em uma mesma altura em relação ao piquete. Para melhorar a resolução das determinações, configurou-se o altímetro para exibir a altitude em pés ao invés de metros. Imediatamente antes de iniciar os trabalhos, o altímetro era colocado sobre o marco de altitude conhecida e o respectivo valor era fornecido ao mesmo para sua calibração. O desnível entre os pontos foi calculado pela diferença entre suas respectivas altitudes em cada repetição, operação conhecida como nivelamento barométrico. As altitudes e desníveis assim obtidos foram avaliados em termos de precisão e exatidão utilizando-se a metodologia apresentada por Ogundare (2016). Calculou-se ainda o erro individual global máximo esperado dos desníveis barométricos ao nível de 90 % de probabilidade usando-se a equação 2, apresentada por McCormac et al. (2016), e seu valor foi utilizado na determinação da pressão mínima do emissor capaz de suportar este erro sem ultrapassar a variação de 20 % de sua pressão operacional a fim de não afetar significativamente a distribuição de água em parcelas irrigadas por emissores sem dispositivos compensadores de pressão (Trout & Kincaid, 2007). Ou seja, a pressão operacional mínima de um emissor foi estimada em cinco vezes o valor do erro máximo esperado para os desníveis determinados com o altímetro ao nível de 90 % de probabilidade.

$$EP_{90} = \bar{E} + 1,6449 * \sigma \quad (2)$$

Em que,

EP_{90} - erro máximo da exatidão do desnível com 90% de probabilidade, m;

\bar{E} - erro médio da exatidão dos desníveis, m;

σ - desvio padrão da exatidão dos erros dos desníveis, m.



Figura 1. Altimetro barométrico utilizado nas avaliações.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desnível total obtido com o nivelamento geométrico após correção, entre os 15 pontos, foi de 50,007 m, com erro altimétrico de 0,005 m e extensão da poligonal de 412,71 m.

Durante os testes com o altímetro, observou-se uma variação média da temperatura do ar de 2,7 °C e da umidade relativa de 7,6 %. Apesar da calibração prévia em marco de altitude conhecida, a amplitude dos valores das altitudes determinadas em um mesmo ponto variou entre 10,252 m e 35,070 m. Comastri & Tuler (1999) mencionam que a pressão atmosférica varia constantemente, em um mesmo ponto, em função das condições físicas da atmosfera, como temperatura do ar e umidade relativa, podendo chegar a variações de até 40 m. Desta forma, as amplitudes observadas no trabalho mantiveram-se dentro da normalidade esperada para este tipo de instrumento.

A precisão e exatidão médias das altitudes obtidas com o altímetro nos 15 pontos foram, respectivamente, 9,762 m e 10,587 m. Os desníveis médios em relação ao ponto 1 obtidos no nivelamento geométrico e no nivelamento barométrico podem ser observados na Tabela 1, sendo que a média do desnível barométrico foi sempre inferior ao do respectivo desnível geométrico. As médias da precisão e exatidão dos desníveis dos nivelamentos barométricos foram, respectivamente, 3,603 m e 4,397 m. Assim, tanto na determinação das altitudes quanto na determinação dos desníveis, o uso do altímetro proporcionou melhor precisão do que exatidão, observando-se ainda que a determinação dos desníveis apresentou melhor exatidão que a determinação das altitudes.

Trecho	DN Geométrico (m)	Nivelamento Barométrico		
		DN Barométrico (m)	Precisão (m)	Exatidão (m)
1-2	0,625	-0,055	0,903	1,159
1-3	1,245	0,384	1,899	2,110
1-4	5,334	4,319	2,582	2,801
1-5	8,165	7,729	3,600	3,630
1-6	10,632	9,824	4,038	4,132
1-7	15,243	14,846	4,257	4,278
1-8	21,791	21,497	4,597	4,608
1-9	27,713	27,065	5,411	5,455
1-10	31,740	30,850	6,271	6,344
1-11	33,465	32,919	6,672	6,698
1-12	38,424	38,312	7,334	7,335
1-13	42,449	38,661	1,331	4,572
1-14	47,360	43,551	0,623	4,442
1-15	50,007	46,641	0,924	3,995

Tabela 1. Resultados dos desníveis obtidos por trecho, tomando-se como referência o primeiro ponto, pelo nivelamento geométrico (DN geométrico) e pela média do nivelamento barométrico (DN barométrico), bem como da precisão e da exatidão médias deste último

Analisando conjuntamente todos os erros individuais de exatidão dos desníveis de todos os trechos, observou-se um erro mínimo, médio e máximo de, respectivamente, 0,094 m, 3,154 m e 11,387 m, com desvio padrão de 2,500 m. Isso significa que 90 % dos erros esperados possuem valores de até 7,266 m, ou seja, a probabilidade de ocorrência de um erro maior que este é de uma a cada 10 medições, sendo esta a tolerância que deve ser dada às determinações de desnível. Tal valor implica em uma carga hidráulica de segurança de aproximadamente 71 kPa. Assim, a pressão mínima que um emissor deveria ter para compensar exclusivamente esse erro é de 355 kPa. Isso seria atendido apenas com os sistemas de média ou alta pressão, como os sistemas autopropelidos, que requerem 700 kPa ou mais, bem como alguns tipos especiais de aspersão convencional e de microirrigação, que podem chegar até 400 kPa, excluindo-se, porém, os sistemas LEPA (*Low Energy Precision Application*) e a grande maioria dos sistemas de irrigação localizada (Solomon et al., 2007).

De forma geral, a grandeza e a variabilidade dos erros observados com o altímetro analisado estão de acordo com a afirmação de Comastri & Tuler (1999) e McCormac et al. (2016), os quais mencionam que os altímetros barométricos devem ser utilizados apenas em trabalhos preliminares ou de reconhecimento.

4 | CONCLUSÕES

Nas condições de avaliação do altímetro utilizado, pode-se concluir que: a) o altímetro deve ser usado apenas em trabalhos expeditos de irrigação; b) deve ser feita mais de uma determinação por ponto; c) deve-se utilizar preferencialmente os desníveis determinados pela diferença de altitudes de uma mesma repetição; d) o altímetro deve ser preferencialmente utilizado em sistemas com emissores não compensados de pressão nominal mínima de 355 kPa, ou auto-compensados; e) em estimativas da altura manométrica total de conjuntos de bombeamento, deve-se considerar uma reserva de pressão de 71 kPa.

REFERÊNCIAS

CLARK, M. D.; Irrigation Planning, Site Evaluation, and Design. In: STETSON, L.E.; MECHAM, B.Q. (Ed.). **Irrigation**. 6th. Fall Church: Irrigation Association, 2011. p. 75-89.

COMASTRI, J. A.; TULER, J. C. **Topografia: altimetria**. 3. ed. Viçosa: UFV, 1999. 200 p.

JAMES, L. G. N. **Principles of Farm Irrigation System Design**. New York: John Wiley and Sons, 1988. 543 p.

MCCORMAC, J.; SARASUA, W.; DAVIS, W. **Topografia**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 414 p.

OGUNDARE, J. O. **Precision Surveying: the principles and geomatics practice**. New Jersey: John Wiley and Sons, 2016. 668 p.

SOLOMON, K. H.; EL-GINDY, A. M.; IBATULLIN, S. R. Planning and System Selection. In: HOFFMAN, G. J. et al. (Ed.) **Design and Operation of Farm Irrigation Systems**. 2th. St. Joseph: ASABE, 2007. p. 56-75.

TROUT, T. J.; KINCAID, D. C. On-Farm System Design and Operation and Land Management. In: LASCANO, R. J.; SOJKA, R. E. (Ed.) **Irrigation of Agricultural Crops**. 2th. Madison: American Society of Agronomy, 2007. p. 133-180. (Agronomy Monograph, 30).

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Topografia**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 308 p. (série Tekue).

ZHANG, L.; HUI, X.; CHEN, J. Effects of terrain slope on water distribution and application uniformity for sprinkler irrigation. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**. Beijing, v. 11, n. 3, p. 120-125, 2018.

MÉTODO PARA PROJETAR LINHAS LATERAIS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PAREADAS EM TERRENOS COM INCLINAÇÃO UNIFORME

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 02/07/2020

Leonardo Leite de Melo

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/ USP
Piracicaba -SP
<http://lattes.cnpq.br/8226386907565166>

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/ USP
Piracicaba - SP
<http://lattes.cnpq.br/5461315063608561>

José Antônio Frizzone

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/ USP
Piracicaba - SP
<http://lattes.cnpq.br/1938995897164854>

Patrícia Algélica Alves Marques

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/ USP
Piracicaba - SP
<http://lattes.cnpq.br/1990096599365003>

RESUMO: Neste estudo, desenvolveu-se um método aproximado para projetar linhas laterais de irrigação por gotejamento pareadas em terrenos com declive uniforme, que satisfazem uma uniformidade de aplicação de água requerida, usando a abordagem da linha do gradiente de energia, com base na definição da posição ótima da linha de derivação (BSP). O princípio é que se igualem as pressões mínimas na linha lateral em aclave e em declive. A aplicabilidade das equações desenvolvidas é para um perfil do tipo II-a (), pois, a carga máxima de pressão da lateral em declive é única e ocorre no início da lateral, compatível com o perfil de carga de pressão do trecho em aclave. Quando o diâmetro (), o comprimento () e a vazão de projeto do emissor () são conhecidas é possível determinar o BSP. Foram desenvolvidas aplicações em projeto de linhas laterais de irrigação por gotejamento, pareadas, em terrenos com declive uniforme. A aplicação do método mostrou-se eficiente e de fácil convergência.

PALAVRAS-CHAVE: Laterais pareadas, Laterais inclinadas, Dimensionamento ótimo.

METHOD FOR DESIGN OF PAIRED DRIP LATERALS ON UNIFORMLY SLOPING FIELDS

ABSTRACT: This study proposed an analytical approach for designing paired laterals of drip irrigation systems, installed on uniform slopes, that complies with an application uniformity criterion. The method is based on the energy gradient line and uses the concept of the Best Manifold Position (BMP). The minimum pressure head of the lateral uphill must be equal to the

minimum pressure head of the lateral downhill. The proposed equations are valid for pressure profiles type I and II-a, in which the maximum pressure head occurs only at the lateral inlet. The BSP can be determined when the following variables are known: lateral diameter, length and emitter nominal discharge. Example applications of paired drip laterals installed on uniform slopes are presented. The method has shown to be effective and presented easy convergence of results.

KEYWORDS: Paired laterals, Sloped laterals, Optimal design.

1 | INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento é um método de aplicar água ao campo em pequenos volumes e com alta frequência, dentro da zona radicular da cultura. Algumas vantagens da irrigação por gotejamento são as seguintes: (1) pequenas fontes de água podem ser utilizadas; (2) menor quantidade de energia é necessária para o bombeamento (comparado à irrigação por aspersão); (3) a água é aplicada para irrigação do campo com alta uniformidade; (4) o rendimento do cultivo e o crescimento das plantas é melhorado; (5) o sistema tem boa adaptabilidade para várias condições topográficas e de solo; (6) pode ser usada água salina; (7) o custo da mão de obra é baixo; e (8) o crescimento de ervas daninhas e danos causados por insetos podem ser reduzidos (Kang et al., 1995).

Embora a irrigação por gotejamento tenha as vantagens mencionadas, sua utilização apresenta limitações. O alto custo inicial é um dos mais importantes fatores. O custo inicial é afetado por materiais de condução de água, como linhas laterais, de derivação, secundárias e principais, emissores, válvulas, conexões e outros acessórios. Para quase todo o material, os preços estão relacionados aos seus tamanhos. Portanto, o custo inicial pode ser reduzido escolhendo-se tamanhos ou comprimentos ideais das tubulações que compõem o sistema.

No projeto de um sistema de irrigação por gotejamento que aplica água com alta uniformidade, as cargas mínimas e máximas de pressão disponíveis são dois parâmetros importantes. O a carga mínima de pressão deve superar a máxima variação de elevação do terreno e permitir uma carga de pressão positiva em cada emissor ao longo da linha lateral. A máxima carga de pressão deve fazer com que o sistema funcione com segurança.

No projeto de linhas laterais de irrigação por gotejamento, uma prática bem aceita é a limitação da variação da vazão dos emissores em uma subunidade de irrigação em aproximadamente 10% do seu valor nominal, de modo a obter valores razoavelmente altos para a uniformidade de distribuição de água. Este critério de projeto tem sido amplamente aplicado e tem sido considerado em muitos textos sobre a hidráulica básica de projeto de sistemas de irrigação (Keller e Bliesner, 1990).

Embora a hidráulica do sistema de irrigação por gotejamento seja relativamente simples, uma vez que se considera que as vazões dos emissores são constantes ao longo da lateral, métodos de projetos especializados são raros. Os métodos mais comuns de

projeto de linhas laterais de irrigação por gotejamento são o do gradiente da linha de energia (Wu e Yue, 1993) e os método tradicional de cálculo passo-a-passo. O método do gradiente da linha de energia () foi desenvolvido com base em três pressupostos: a vazão dos emissores ao longo da lateral é uniforme, a distribuição da vazão ao longo da lateral é contínua e a vazão no final da lateral é nula.

A maioria das linhas laterais de irrigação por gotejamento está pareada par equilibrar as diferenças em elevações e as perdas de pressão nos trechos em aclave e em declive (Keller e Bliesner, 1990). Além disso, usando pares de laterais nos quais dois trechos de laterais se estendem em direções opostas de uma linha de derivação comum, para um diâmetro fixo da lateral pode-se permitir que o comprimento da lateral seja maximizado. Baiamonte et al. (2015) relatam estudos que consideraram dois critérios de projeto para calcular o comprimento de laterais e de linhas de derivação para uma subunidade de irrigação, e usando preços locais para a instalação de sistemas de gotejamento, mostraram que o custo da subunidade diminui à medida que aumenta o comprimento lateral até um certo limite e, em seguida, volta a aumentar.

Um componente importante para projetar laterais pareadas é determinar a melhor posição da linha de derivação (BSP). Com base em diferentes definições de BSP vários métodos foram propostos para projetar laterais pareadas (Keller e Bliesner, 1990; Jiang e Kang, 2010; Ju et al., 2015; Baiamonte et al., 2015; Baiamonte, 2016; Monserrat et al., 2018). As metodologias propostas até o momento foram baseadas em procedimentos matemáticos complexos que dificultam o uso por engenheiros projetista e fazem certas suposições serem restritivas, como uma variação de pressão fixa, limitando sua aplicação. Além disso, outros modelos apresentam dificuldade de convergência da solução, como o modelo simplificado apresentado por Jiang e Kang (2010).

Keller e Bliesner (1990) definiram o como o local onde ocorre a mesma carga de pressão mínima para as laterais em aclave e em declive, e um método para solução gráfica e para solução numérica foi desenvolvido com base nesta definição. No método de solução gráfica, o BSP pode ser determinado pelo desenvolvimento de curvas gerais de perda de carga para uma tubulação de múltiplas e saídas e, em seguida, desenhando-se a linha que representa o perfil do terreno para localizar a interseção na qual a mesma pressão mínima é obtida. No método numérico de solução, o BSP pode ser determinado através da determinação da carga de pressão ao longo de uma lateral em declive e aclave, com base na a relação entre o coeficiente de redução de perda de carga para tubos com múltiplas saídas, e a relação da diferença de elevação para a perda de carga por atrito.

Este trabalho utiliza o conceito da linha do gradiente de energia com o objetivo de desenvolver equações simples para a determinação do BSP, em que o diâmetro (D), o comprimento (L) e a vazão de projeto do emissor (q) são conhecidas. Serão desenvolvidas aplicações em projeto de linhas laterais de irrigação por gotejamento, pareadas, em terrenos com declive uniforme.

2 | METODOLOGIA

2.1 Definição do problema

O equacionamento matemático foi desenvolvido sob as seguintes suposições: (a) a carga de velocidade na linha lateral pode ser desprezada; (b) a linha lateral tem um número infinito de emissores; (c) o escoamento é turbulento hidraulicamente liso em todo o comprimento da linha lateral.

A determinação do BSP é um fator importante no projeto de linhas laterais pareadas e foi definido como o comprimento do trecho da lateral em declive, localizado no centro de um espaçamento do emissor. Com frequência se apresenta uma situação como se mostra na Figura 1, em que a linha lateral é formada por dois ramos, um de cada lado da linha de derivação. Neste caso, deve-se determinar o ponto ótimo da linha lateral em que se deve conectar a linha de derivação (BSP). Quando o terreno é horizontal, o ponto ótimo está no centro da lateral. Quando o terreno possui um gradiente de declive (S_o), o ponto ótimo está mais próximo do extremo mais alto. A localização ótima se calcula com a condição de que se igualem as cargas de pressões mínimas em ambos os ramos da lateral.

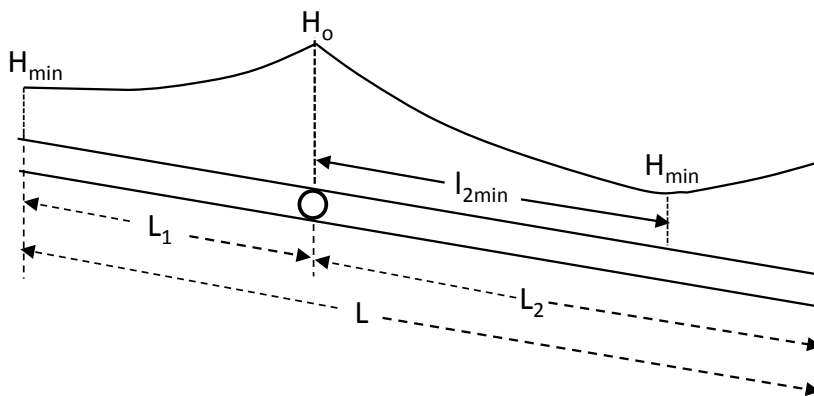


Figura 1 – Diagrama esquemático para determinar a melhor posição da linha de derivação (BSP) em sistemas de microirrigação com linhas laterais pareadas operando em terrenos com declive uniforme.

2.2 Equações de perda de carga para a linha lateral

Para expressar a perda de carga na linha lateral é utilizada a equação de Darcy-Weisbach combinada com a equação da continuidade para tubos de seção circular (Swamee & Swamee, 2007) e considera-se o fator de redução de perda de carga devido às múltiplas saídas laterais de água e o efeito das perdas localizadas de carga pelas inserções dos emissores na linha lateral (Eq.1).

$$h_f = \frac{8}{\pi^2 g} f \frac{Q^2}{D^5} L F \lambda \quad (\text{Eq. 1})$$

em que: h_f – perda de carga total ao longo da linha lateral, m; f – fator de atrito, adimensional; Q – vazão de entrada na linha lateral, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$; D – diâmetro interno da linha lateral, m; L – comprimento da linha lateral, m; F – fator de redução de perda de carga, adimensional; λ – fator que contabiliza a perda localizada de carga, adimensional; g – aceleração da gravidade, m s^{-2} ; π – relação entre o comprimento da circunferência e seu diâmetro (= 3,14...)

Para escoamento turbulento hidraulicamente liso, com número de Reynolds (R) entre 4000 e 10^5 , o fator f geralmente é calculado pela equação de Blasius (Eq.2), especificamente obtidas para tubos de polietileno de pequenos diâmetros (Bernuth & Wilson, 1989; Juana et al. 2002; Provenzano & Pumo, 2004; Melo et al., 2019).

$$f = \frac{a}{R^b} \quad (\text{Eq.2})$$

em que, na equação de Blasius $a = 0,3164$ e $b = 0,25$ para tubos lisos rígidos. Para tubos de polietileno não colapsáveis de diâmetros nominais 16, 20 e 25 e $2000 < R < 36000$, Bagarello et al. (1995) propuseram $a = 0,302$ e Cardoso et al. (2008), para diâmetros nominais de 12, 15, 18, 20 e 22, propuseram $a = 0,300$ para $6000 < R < 72000$. Para tubos de polietileno colapsáveis, com espessuras de paredes de 150, 200 e $250 \mu\text{m}$, estudos de Provenzano et al. (2016) indicaram $a = 0,285$. Ambos os estudos assumem $b = 0,25$. Ensaio laboratoriais realizados por Melo et al. (2019) indicaram $a = 0,3442$ para tubo gotejador colapsável, Turbo Tape®, com labirintos contínuos soldados à parede interna do tubo.

O número de Reynolds é expresso pela Eq. 3:

$$R = \frac{4 Q}{\pi v D} \quad (\text{Eq.3})$$

sendo v o coeficiente de viscosidade cinemática da água ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$), que é função da temperatura.

Substituindo as Eq. 2 e 3 na Eq.1, obtém-se:

$$h_f = \frac{8 (4)^{-b}}{\pi^{(2-b)}} \left(\frac{a}{g}\right) v^b \frac{Q^{(2-b)}}{D^{(5-b)}} L F \lambda \quad (\text{Eq.4})$$

Considerando-se que a linha lateral tem emissores espaçados de uma distância $S(\text{m})$ ($N = L/S$), e que a vazão de cada emissor ao longo da lateral é constante (q , $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) tem-se ($Q = qL/S$). Segundo Yildirim & Ağiralioğlu (2004), Pinto et al. (2014) e Melo et al.

(2019), para uma tubulação com distribuição da vazão em marcha, o fator de redução de perda de carga pode ser aproximado por $F = 1/(3-b)$. Assumindo S, D e q constantes, a equação (4) pode ser reescrita na forma da Eq. 5 (Wu & Gitlin, 1975; Yildirim, 2007) :

$$h_f = k_1 L^{(3-b)} \quad \text{Eq.5}$$

ou,

$$j = k_1 L^{(2-b)} \quad \text{Eq.6}$$

sendo:

$$k_1 = \frac{0,8155 (4)^{-b} a v^b \lambda q^{(2-b)}}{(3-b) \pi^{(2-b)} S^{(2-b)} D^{(5-b)}} \quad \text{Eq.7}$$

sendo j a perda de carga unitária ($m \cdot m^{-1}$) e λ calculado pela Eq.8 (Monserrat et al., 2018):

$$\lambda = 1 + \frac{Le}{S} \quad \text{Eq.8}$$

em que (m) é o comprimento equivalente corresponde à perda localizada de carga no emissor. Se o emissor não causar perda localizada de carga $\lambda = 1$. Caso contrário, $\lambda > 1$.

Para $b = 0,25$, obtém-se:

$$k_1 = 2,8311 \times 10^{-2} \frac{a v^{0,25} \lambda q^{1,75}}{S^{1,75} D^{4,75}} \quad \text{Eq.9}$$

2.3 Perfis de carga de pressão na lateral

Para o desenvolvimento que segue neste trabalho é útil analisar as características hidráulicas típicas de cada tipo de perfil de carga de pressão que ocorre ao longo da lateral, dependendo das diferentes inclinações uniformes da linha lateral e suas relações com a perda de carga. Existem três tipos gerais de perfis de pressão ao longo de uma linha lateral (Tipo I, Tipo II e Tipo III). Para o perfil tipo II existem três tipos particulares (Tipo II-a, Tipo II-b e Tipo II-c). Esses tipos de perfis podem ser classificados como segue (Gillespie et al. 1979, Wu et al. 1983; Barragan e Wu 2005):

(a) Perfil de pressão Tipo I (Lateral em nível ou aclave): a carga de pressão diminui em relação ao comprimento da lateral. A energia total é dissipada pela mudança de elevação resultante do aclave uniforme e por perda de carga. A carga máxima de pressão (H_{max}) ocorre na entrada da linha e é igual à carga de pressão de operação máxima H_0 ($H_0 = H_{max}$). A carga mínima de pressão (H_{min}) ocorre no final da linha lateral e é igual à carga de pressão no final ($H_{final} = H_{min}$).

(b) Perfil de pressão Tipo II (pressão mínima ao longo da linha): a lateral está em declive e a carga de pressão diminui a partir do início da lateral em relação ao seu

comprimento, atinge um ponto mínimo (I_{\min}) e, em seguida, aumenta em relação ao comprimento da linha. A carga mínima de pressão está localizada em algum lugar entre o início e o final da lateral, dependendo dos limites do intervalo $0 < S_o/J < m+1$, sendo m o expoente da vazão na equação de perda de carga.

(b1) Perfil de pressão Tipo II-a (declive suave): este tipo de perfil de pressão ocorre quando a perda de carga e o gradiente de declive atende à condição $0 < IS_o/I/JI < 1$. Neste tipo, o ganho de energia total pelo declive uniforme no final da linha é menor que a dissipação da energia total por perda de carga, de modo que a carga de pressão no final da lateral (H_{final}) ainda é menor que a pressão de operação na entrada (H_o). A carga de pressão máxima está na entrada da linha ($H_{\text{max}} = H_o$), e a carga de pressão mínima localiza-se em algum ponto no trecho correspondente à segunda metade da lateral.

(b2) Perfil de pressão Tipo II-b (declive moderado): este perfil ocorre sob a situação de declive e de perda de carga em que a relação adimensional de gradiente de energia é $IS_o/I/JI = 1$. Este perfil é semelhante ao tipo II-a, mas o perfil é tal que as cargas de pressão no início e no final da lateral são iguais ($H_o = H_{\text{final}} = H_{\text{max}}$). A carga de pressão mínima está localizada em algum ponto próximo da seção média da lateral. Entre todos os tipos de perfis de pressão, o perfil Tipo II-b é considerado o perfil de pressão ótimo (ou ideal) porque pode produzir a diferença mínima de carga de pressão para um determinado comprimento de tubo, como discutido por Wu et al. (1983) e Wu e Barragán (2000). Este perfil ocorre quando a dissipação de energia por perda de carga é igual ao ganho total de energia pelo declive.

(b3) Perfil de pressão Tipo II-c (declive forte): este perfil ocorre nas situações em que a relação entre declive e perda de carga é $1 < IS_o/I/JI < m + 1$. Isso ocorre quando a inclinação da linha é forte, resultando em uma carga de pressão no final da linha maior do que a carga de pressão de operação na entrada. Nessa condição, a carga de pressão máxima ocorre no final da linha lateral ($H_{\text{max}} = H_{\text{final}} > H_o$) e a pressão mínima está localizada em algum ponto no trecho correspondente à primeira metade da lateral.

(c) Perfil de pressão Tipo III (declive muito forte): este perfil ocorre quando a linha lateral está em um declive muito forte, onde o ganho total de energia pelo declive uniforme é maior que a queda de energia devido à perda de carga em todas as seções ao longo da linha. A carga de pressão aumenta em relação ao comprimento da linha. Isso é causado por um declive muito forte em que $IS_o/I/JI \geq m + 1$. Nesta condição, a carga máxima de pressão está na extremidade final da linha lateral ($H_{\text{max}} = H_{\text{final}}$) e a carga mínima de pressão está na entrada da linha ($H_{\min} = H_o$).

A carga de pressão em um ponto qualquer ao longo da linha (H_l), ou distribuição de pressão em uma linha lateral de comprimento L^* qualquer, é dada pela Eq. 10:

$$H_l = H_o - \left[1 - \left(1 - \frac{l}{L^*} \right)^{m+1} \right] h_{f(L)} - S_o L^* \quad \text{Eq. 10}$$

sendo, H_1 – carga de pressão em uma distância qualquer em relação ao início da lateral; H_o – carga de pressão na entrada da lateral; L^* – comprimento da lateral; $h_{f(L^*)}$ – perda de carga ao longo do comprimento L^* ; S_o – gradiente de declive da linha lateral; para lateral em nível $S_o = 0$, para lateral em aclave $S_o > 0$ e, para lateral em declive, $S_o < 0$; m – expoente da vazão na equação de perda de carga utilizada.

2.4 Carga de pressão mínima nas laterais pareadas

Considere L_1 o trecho da linha lateral em aclave, L_2 o trecho em declive e L o comprimento total da linha lateral, isto é, $L = L_1 + L_2$. Para o trecho da linha lateral em aclave, com comprimento L_1 , a carga de pressão mínima ocorre no final da linha e pode ser calculada pela Eq. 11 ou 12:

$$(H_{\min})_{L_1} = H_o - k_1 L_1^{(3-b)} - S_o L_1 \quad \text{Eq. 11}$$

sendo S_o o gradiente de aclave ($m \text{ m}^{-1}$) e $L = L_1 - L_2$. Assim:

$$(H_{\min})_{L_1} = H_o - k_1 (L_1 - L_2)^{(3-b)} - S_o (L - L_2) \quad \text{Eq. 12}$$

No trecho da linha lateral em declive, o local de ocorrência da carga mínima de pressão ($l_{2\min}$) é obtida igualando à zero a derivada da equação de distribuição de pressão em L_2 . A razão $l_{2\min}/L_2$ pode ser calculada pela Eq. 13:

$$\frac{l_{2\min}}{L_2} = 1 - \left[\frac{S_o}{(3-b)k_1 L_2^{(2-b)}} \right]^{1/(2-b)} \quad \text{Eq. 13}$$

Daí decorre:

$$l_{2\min} = L_2 - \frac{S}{q} \left(\frac{\pi^{(2-b)} S_o D^{(5-b)}}{0,8155(4)^{-b} a v^b \lambda} \right)^{1/(2-b)} \quad \text{Eq. 14}$$

Para $b = 0,25$ obtém-se as Eq. 14, 15 e 16:

$$l_{2\min} = L_2 - 4,301 \frac{S S_o^{0,5714} D^{2,7143} a^{-0,5714} \lambda^{-0,5714} v^{-0,1429}}{q} \quad \text{Eq. 15}$$

A carga de pressão mínima para o trecho da lateral em declive (L_2) será:

$$(H_{\min})_{L_2} = H_o - h_{f(L_2)} \left[1 - \left(1 - \frac{l_{2\min}}{L_2} \right)^{2,75} \right] + S_o l_{\min} \quad \text{Eq. 16}$$

sendo que o segundo termo do segundo membro da Eq. 14 é a perda de carga que ocorre desde o início do trecho L_2 até o ponto em que ocorre a carga de pressão mínima, isto é, na distância l_{2min} . Então:

$$(H_{min})_{L_2} = H_o - k_1 L_2^{2,75} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{L_2 - A}{L_2} \right]^{2,75} \right\} + S_o (L_2 - A) \quad \text{Eq.17}$$

sendo,

$$A = 4,301 \frac{S S_o^{0,5714} D^{2,7143} a^{-0,5714} \lambda^{-0,5714} v^{-0,1429}}{q} \quad \text{Eq.18}$$

2.5 Comprimento do trecho em declive (L_2)

Pelo pressuposto inicial, deve-se verificar: $(H_{min})_{L_1} = (H_{min})_{L_2}$. Então, para $b = 0,25$ obtém-se:

$$H_o - k_1 (L - L_2)^{2,75} - S_o (L - L_2) = H_o - k_1 L_2^{2,75} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{L_2 - A}{L_2} \right]^{2,75} \right\} + S_o (L_2 - A) \quad \text{Eq.19}$$

Reorganizando os termos da Eq.18 e simplificando, obtém-se:

$$k_1 (L - L_2)^{2,75} + S_o (L - A) = k_1 L_2^{2,75} \left[1 - \left(\frac{A}{L_2} \right)^{2,75} \right] \quad \text{Eq.20}$$

$$L_2 = \left[(L - L_2)^{2,75} + \frac{S_o}{k_1} (L - A) + A^{2,75} \right]^{1/2,75} \quad \text{Eq.21}$$

Para calcular comprimento L_2 conhecendo-se S , D , a , H_o , S_o e q , seguem-se os seguintes passos:

- calcule k_1 pela Eq.9;
- Calcule j pela Eq. 6;
- Calcule $IS_o/|j|$ e certifique-se que o perfil de pressão é do tipo II-a ($0 < IS_o/|j| < 1$);
- determine A pela Eq. 18;
- determine L_2 pela Eq. 21;
- determine $L_1 = L - L_2$
- determine o local de ocorrência da carga de pressão mínima no trecho L_2 utilizando a Eq. 15;
- determine a carga de pressão mínima em L_2 utilizando a Eq. 16;
- determine a variação da carga de pressão e de vazão na linha pelas Eq. 21 e 22:

$$H_{var} = \frac{H_o - H_{min}}{H_o} \quad \text{Eq.22}$$

$$q_{var} = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}} \quad \text{Eq.23}$$

(j) se H_{var} e H_{var} calculados forem maiores que os valores admissíveis para o projeto, reduza L e reinicie os cálculos. Em projetos de irrigação por gotejamento é comum utilizar valores máximos de q_{var} de 10% a 20%. A relação entre q_{var} e H_{var} é dada pela Eq. 24:

$$q_{var} = 1 - (1 - H_{var})^x \quad \text{Eq.24}$$

em que x é o expoente de fluxo do emissor.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicabilidade das equações desenvolvidas é para um perfil do tipo II-a ($0 < IS_0/|l| < 1$), pois a carga máxima de pressão da lateral em declive é única e ocorre no início, compatível com o trecho em aclave. Quando $IS_0/|l| \geq m+1$, Eq. 14 não tem solução porque é obtida por derivação da equação do perfil da carga de pressão. Além disso, o perfil da carga de pressão da lateral não tem ponto de inflexão (perfil do tipo III). A carga mínima de pressão está localizada no início da lateral e a máxima no final. Nesse caso, uma única linha lateral pode resultar na máxima uniformidade de aplicação de água. Para o perfil tipo II-b ($IS_0/|l| = 1$) também não é aplicável porque a carga máxima de pressão ocorre em dois locais, no início e no final da lateral e, nesse caso, uma única lateral atenderá melhor a condição de uniformidade de distribuição de água. Também não se aplica ao perfil do tipo II-c ($1 < IS_0/|l| < m + 1$) porque a carga máxima de pressão ocorre no final da lateral.

3.1 Aplicação

Para a aplicação seguinte será utilizada a fita gotejadora Turbo Tape®, fabricada pela NaanDanJain, que é um tubo colapsável com labirintos contínuos soldados na parede interna. Essa fita gotejadora, com emissores espaçado de 0,10 m, operando à temperatura de 23 °C, possui relação vazão pressão dos emissores $q = 1,05 \times 10^{-7} H^{0,457}$ (Araújo, 2019), sendo q expresso em $m^3 s^{-1}$ e H em m. De acordo com Melo et al. (2016b) o diâmetro interno é 16,01 mm e o parâmetro a da equação de Blasius é 0,3442 para $b = 0,25$. Calcular o BSP para uma linha lateral com comprimento total de 150 m, com declive de 2%, operando com carga de pressão de entrada de 8 m, considerando que à 23 °C a viscosidade cinemática da água é $0,93252 \times 10^{-6} m^2 s^{-1}$ e a vazão média do emissor é $2,7158 \times 10^{-7} m^3 s^{-1}$.

Para a solução inicia-se calculando k_1 pela Eq. 9, assumido $\lambda = 1$:

$$k_1 = 2,8311 \times 10^{-2} \frac{0,3442 (0,93252 \times 10^{-6})^{0,25} (2,7158 \times 10^{-7})^{1,75}}{0,1^{1,75} \times 0,01601^{4,75}} = 1,8606 \times 10^{-5}$$

A perda de carga unitária (Eq. 6), considerando $L = 150\text{m}$, será:

$$J = 1,8606 \times 10^{-5} \cdot 150^{1,75} = 0,1196 \text{ m m}^{-1}$$

O perfil da carga pressão que ocorre nessa lateral é tipo II-a, pois:

$$\frac{|S_o|}{|J|} = \frac{0,02}{0,1196} = 0,1672$$

Para Calcular L_2 (comprimento do trecho em declive) determina-se o parâmetro A (Eq. 18) e, posteriormente, o comprimento L_2 (Eq. 21):

$$A = 4,301 \frac{0,10 \times 0,02^{0,5714} \times 0,01601^{2,7143} \times 0,3442^{-0,5714} (0,93252 \times 10^{-6})^{-0,1429}}{2,7158 \times 10^{-7}} = 30,301$$

$$L_2 = \left[(150 - L_2)^{2,75} + \frac{0,02}{1,8606 \times 10^{-5}} (150 - 30,301) + 30,301^{2,75} \right]^{1/2,75}$$

A solução se dá por iteração e resulta $L_2 = 88,2 \text{ m}$ (882 pontos de emissão) e $L_1 = 150 - 88,2 = 61,8 \text{ m}$ (618 pontos de emissão).

Para o trecho em declive (L_2) a carga de pressão mínima ocorrerá à distância $l_{2\text{min}}$ à partir da entrada, calculada pela Eq. 15:

$$l_{2\text{min}} = 88,3 - 4,301 \frac{0,1 \times 0,02^{0,5714} \times 0,01601^{2,7143} \times 0,3442^{-0,5714} (0,93252 \times 10^{-6})^{-0,1429}}{2,7158 \times 10^{-7}} = 58,0 \text{ m}$$

A carga de pressão mínima na linha em declive, para a carga pressão de entrada de 8 m é calculada pela Eq. 17:

$$(H_{\text{min}})_{L_2} = 8 - 1,8606 \times 10^{-5} \times 88,3^{2,75} \left[1 - \left(1 - \frac{58}{88,3} \right)^{2,75} \right] + 0,02 \times 58 = 5,2 \text{ m}$$

Para a linha em aclave a carga de pressão mínima é:

$$(H_{\text{min}})_{L_2} = 8 - 1,8606 \times 10^{-5} \times 61,7^{2,27} - 0,02 \times 61,7 = 5,2 \text{ m}$$

A variação da carga de pressão nas linhas em aclave e em declive é:

$$H_{\text{var}} = \left(\frac{8 - 5,2}{8} \right) 100 = 35\%$$

O H_{var} calculado corresponde à seguinte variação de vazão pela aplicação da Eq. 24:

$$q_{\text{var}} = 1 - (1 - 0,35)^{0,457} = 0,1787 \text{ (17,87\%)}$$

O valor de q_{var} é uma medida da uniformidade de distribuição de água. O valor calculado, no caso 17,87%, deve ser comparado ao valor admissível para projeto. Se for maior que o valor admissível deve-se reduzir o comprimento total L até que se atinja o valor máximo admissível. Por exemplo, se o valor máximo admissível for 10% deve-se reduzir L. Na Figura 2 são apresentados os valores de q_{var} possíveis de serem obtidos para vários comprimentos L da linha lateral. Para $S_o = 0,02 \text{ m m}^{-1}$, variações de vazão inferiores a 10% só poderão ser obtidas para $54 \leq L \leq 122,6 \text{ m}$. Para L inferior a 54 m obtém-se $|S_{\text{sol}}/I| \geq 1$ e o perfil de distribuição de carga de pressão deixa de pertencer ao tipo II-a, não sendo possível dimensionar linhas laterais pareadas. Neste caso, uma única linha lateral, alimentada por um extremo, deverá ser projetada. Na Tabela 1 observa-se os comprimentos dos trechos L_1 e L_2 para vários comprimentos e os respectivos valores de q_{var} .

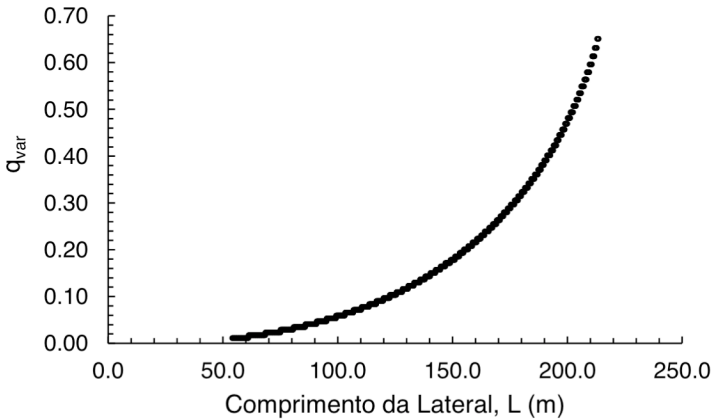


Figura 2 – Variação de vazão (q_{var}) possível para vários comprimentos (L) da linha lateral, para $S_o = 0,02 \text{ m m}^{-1}$

L (m)	L_1 (m)	L_2 (m)	q_{var}	H_{min} (m)
122,7	46,6	76,1	0,1034	6,3
122,6	46,5	76,1	0,0967	6,4
120,0	45,0	75,0	0,0967	6,4
110,0	39,4	70,6	0,0716	6,8
100,0	33,7	66,3	0,0592	7,0
54,0	7,9	46,1	0,0115	7,8

Tabela 1 – Valores dos comprimentos dos trechos L_1 e L_2 para vários comprimentos L e respectivos valores de q_{var} e H_{min} , para $S_o = 0,02 \text{ m m}^{-1}$

4 | CONCLUSÕES

O método desenvolvido para projetar linhas laterais de irrigação por gotejamento pareadas, em terrenos com declive uniforme, que satisfazem uma uniformidade de aplicação de água requerida, foi desenvolvido e mostrou-se eficiente. O princípio do método é que se igualem as pressões mínimas na linha lateral em aclive e em declive. A aplicabilidade das equações desenvolvidas é para um perfil do tipo II-a ($0 < IS_0/|J| < 1$), pois, a carga máxima de pressão da lateral em declive é única e ocorre no início da lateral, compatível com o perfil de carga de pressão do trecho em aclive. Quando o diâmetro (D), o comprimento (L) e a vazão de projeto do emissor (q) são conhecidas é possível determinar o BSP. Foram desenvolvidas aplicações em projeto de linhas laterais de irrigação por gotejamento, pareadas, em terrenos com declive uniforme. A aplicação do método mostrou-se eficiente e de fácil convergência.

REFERÊNCIAS

- BAGARELLO, V.; FERRO, V.; PROVENZANO, G.; PUMO, D. **Experimental study on flow resistance law for small diameter plastic pipes**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.5, n.313, p.313-316, 1995.
- BAIAMONTE, G.; PROVENZANO, G.; RALLO, G. **Analytical Approach determining the optimal length of paired drip laterals in uniformly sloped fields**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.141, n.1: 04014042, 2015.
- BAIAMONTE, G. **Simple relationships for the optimal design of paired drip laterals on uniform slopes**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.14, n.1: 04015054, 2016.
- BARRAGÁN, J.; WU, I. P. **Simple pressure parameters for microirrigation design**. Biosystems Engineering, v.90, n.4, p.463–475, 2005.
- CARDOSO, G. G. G.; FRIZZONE, J. A.; REZENDE, R. **Fator de atrito em tubos de polietileno de pequenos diâmetros**. Acta Scientiarum. Agronomy, v.30, p.299-305, 2008.
- GILLESPIE, V.A.; PHILLIPS, A.L.; WU, I.P. **Drip irrigation design equations**. Journal of the Irrigation and Drainage Division, v.105, n.1R3, p.247-257, 1979.
- JIANG, S.; KANG, Y. **Simple method for the design of microirrigation paired laterals on sloped fields**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.136, n.4, p.271-275, 2010.
- JU, X.L.; WECKLER, P.R.; WU, P.T.; ZHU, D.L.; WANG, X.K.; LI, Z. **New simplified approach for hydraulics design of micro-irrigation paired laterals**. Transactions of the ASABE, v.50, n.6, p.1521-1534, 2015.
- JUANA, L.; RODRIGUEZ-SINOBAS, L.; LOSADA, A. **Determining minor head losses in drip irrigation laterals. I: Methodology**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.128, p.376-384, 2002.

KANG, Y.H.; NISHIYAMA, S.; KAWANO, H. **A simple method of designing uniform-water-application drip irrigation system.** Transactions of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering, n.176, p.63-72, 1995.

KELLER, J., and BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation.** AVI book, Van Nostrand Reinhold, New York. 1990.

MELO, V.G.M.L.; FRIZZONE, J.A.; CAMARGO, A.P.; BOMBARDELLI, W.W.A. **Head loss in laser-perforated thin-walled polyethylene pipes for irrigation.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.23, n.5, p.317-323, 2019.

MONSERRAT, J.; BARRAGÁN, J.; COTS, L. **Design of paired laterals on uniformly sloping fields.** Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.144, n.6: 04018008, 2018.

PINTO, M. F.; CAMARGO, A. P.; RETTORE NETTO, O.; FRIZZONE, J. A. **Hydraulic characterization of porous pipes made of recycled automobile tires used in subsurface irrigation.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, p.1095-1101, 2014.

PROVENZANO, G.; PUMO, D. **Experimental analysis of local pressure losses for microirrigation laterals.** Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.130, n.4., p.318-324, 2004.

PROVENZANO, G.; ALAGNA, V.; AUTOVINO, D.; JUAREZ, J.M.; RALLO, G. **Analysis of geometrical relationships and friction losses in small-diameter lay-flat polyethylene pipes.** Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.142, n2: 04015041, 2016.

SWAMEE, P.K; SWAMEE, N. **Full range pipe-flow equations.** Journal of Hydraulics Research, v.45, p.841-843, 2007.

VON BERNUTH, R. D.; WILSON, T. **Friction factor for small diameter plastic pipe.** Journal of Hydraulic Engineering, v.115, p.183-192, 1989.

YILDIRIM, G. M. A.; AGIRALIOGLU, N. **Comparative analysis of hydraulic calculation methods in design of microirrigation laterals.** Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.130, p.201-217, 2004.

YILDIRIM, G. **An assessment of hydraulic design of trickle laterals considering effect of minor losses.** Irrigation and Drainage, v.56, n.4, p.399-421, 2007.

WU, I.P.; YUE, R. **Drip lateral design using energy gradient line approach.** Transactions of the ASAE, v.36., n.2, p.389-394, 1993.

WU, I.P.; GITLIN, H.M. **Energy gradient line for drip irrigation laterals.** Journal of the Irrigation and Drainage Division, v.101, n.IR4, p.323 – 326, 1975

WU, I.P.; BARRAGÁN, J. **Design criteria for microirrigation systems.** Transactions of the ASAE, v.43, n.5, p.1145–1154, 2000.

WU, I.P.; SARAWATARI, C.A., GITLIN, H. M. **Design of drip irrigation lateral length on uniform slopes.** Irrigation Science, v.4, n.2, p.117–135, 1983.

HIDRÁULICA DE TUBOS GOTEJADORES COM EMISSORES CILÍNDRICOS

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 02/07/2020

Verônica Gaspar Martins Leite de Melo

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP
Piracicaba - SP
<http://lattes.cnpq.br/5461315063608561>

Leonardo Leite de Melo

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP
Piracicaba -SP
<http://lattes.cnpq.br/8226386907565166>

José Antônio Frizzone

Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Sistemas Agrícolas – ESALQ/USP
Piracicaba - SP
<http://lattes.cnpq.br/1938995897164854>

Antonio Pires de Camargo

Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP
Campinas - SP
<http://lattes.cnpq.br/8472308116821427>

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi analisar a perda localizada de carga causada por gotejadores cilíndricos autocompensantes e não autocompensantes, integrados a tubos de polietileno utilizados em sistemas de gotejamento, e propor modelos empíricos, a partir das

equações de Darcy-Weisbach e de Blasius para estimativa das perdas localizadas e contínua, como suporte para o dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação. Foram realizados ensaios no Laboratório de Materiais de Irrigação da ESALQ/USP, utilizando tubos gotejadores de 20 mm de diâmetro nominal com espessuras de parede de 26 e 36 MIL. Concluiu-se que a perda de carga contínua pode ser calculada pela equação de Darcy-Weisbach utilizando um fator de atrito calculado por uma função potência semelhante à de Blasius, com coeficientes $a = 0,3154$, para o tubo com espessura de parede de 26 MIL, $a = 0,3193$ para espessura de parede de 36 MIL, ambos com $b = 0,25$. Para o cálculo da perda localizada de carga foram obtidos coeficientes de carga cinética maiores para gotejadores autocompensantes (1,192 – 1,230) do que para gotejadores não autocompensantes (0,247 – 0,377), independente da espessura da parede do tubo.

PALAVRAS-CHAVE: Linha lateral, irrigação por gotejamento, perda de carga.

HYDRAULICS OF EMITTING-PIPES WITH INTEGRATED CYLINDRICAL DRIPPERS

ABSTRACT: The objective of this work was to quantify the local head loss due to pressure-compensating and non pressure-compensating cylindrical drippers integrated in polyethylene pipes used in drip irrigation systems, and to propose empirical models from the Darcy-Weisbach and Blasius equations to estimate minor and major losses and consequently to contribute with the hydraulic design of irrigation systems. Experiments were carried out at the

Irrigation Testing Laboratory of ESALQ/USP, using emitting-pipes 20-mm diameter, 26- and 36-MIL wall thickness. The friction loss can be estimated by the Darcy-Weisbach equation using a friction factor based on the Blasius equation, with coefficients $a = 0.3154$ for the 26-MIL wall thickness and $a = 0.3193$ for the 36-MIL wall thickness, both with $b = 0.25$. The coefficient of minor loss was higher for pressure-compensating drippers (1.192 to 1.230) than non pressure-compensating models (0.247 to 0.377) regardless of the pipe wall thickness.

KEYWORDS: lateral line, drip irrigation, head loss

1 | INTRODUÇÃO

Os sistemas de irrigação por gotejamento apresentam várias vantagens sobre outros sistemas de irrigação, mas é impossível obter uma distribuição ideal de água ao longo da linha lateral devido às variações na vazão do emissor causadas pelas variações da pressão de operação, diferenças de temperatura da água, variações de fabricação do emissor, obstrução dos emissores e variações de pressão por declive e perdas de carga por atrito. Assim, para o projeto de um sistema de irrigação por gotejamento que proporcione adequada uniformidade de distribuição de água, as propriedades dos componentes do sistema, especialmente as propriedades do emissor e perdas de carga por atrito nas linhas laterais, devem ser conhecidas (VEKARIYA; SUBBAIAH; MASHRU, 2011).

O cálculo das perdas contínuas e localizadas de carga em condutos pressurizados constitui um problema importante em estudos hidráulicos de sistemas de irrigação (BARDESTINI et al. 2017). As variações de pressão na linha lateral são ocasionadas pela perda de carga distribuída ao longo da tubulação, pelas perdas localizadas que ocorrem nos emissores e conexões e por variações de nível.

Emissores planos e cilíndricos soldados no interior de tubos gotejadores, causam perda localizada de carga, que ocorre quando o fluido sofre alguma perturbação brusca em seu escoamento, por algum elemento inserido no tubo. Já a perda de carga contínua, ou distribuída, ocorre pela dissipação de energia da água em forma de calor devido à resistência ao escoamento oferecida pela viscosidade do fluido e pela inércia das partículas (WANG et al., 2018).

Para os emissores cilíndricos integrados no interior de tubos de polietileno, estudos apresentam resultados que indicam que a perda localizada de carga tem influência importante na variação de pressão ao longo da linha lateral. Portanto, ao desconsiderá-las, pode ocorrer superdimensionamento das linhas laterais afetando, dessa forma, o desempenho do sistema (BAGARELLO et al. 1997; PROVENZANO e PUMO, 2004; PROVENZANO; PUMO e DI DIO 2005; RETTORE NETO et al., 2009; GOMES et al., 2010; CARDOSO et al., 2014).

Rettoire Neto et al. (2009) encontraram valores de perda localizada de carga da ordem de 50% da perda de carga total, próximos aos relatados por Provenzano e Pumo et al. (2004), que indicam valores da ordem de 49,5% na pior condição analisada entre

espaçamentos de emissores. Ao se tratar do comprimento da linha lateral, Gomes et al. (2010) estimaram um acréscimo de 25,7% e 9,5% no comprimento das linhas laterais considerando emissores compensados e não compensados, respectivamente.

O objetivo deste trabalho foi analisar a perda de localizada de carga causada por gotejadores cilíndricos autocompensantes e não autocompensantes, integrados a tubos de polietileno utilizados em sistemas de gotejamento, e propor modelos empíricos, a partir das equações de Darcy-Weisbach e de Blasius para estimativa das perdas localizadas de carga e contínua, como suporte para o dimensionamento hidráulico do sistema.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Ensaio de Materiais de Irrigação do Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ-USP, Piracicaba, SP, Brasil. Os tubos gotejadores utilizados foram de polietileno, com emissores cilíndricos autocompensantes (AC) e não autocompensantes (NAC) de pressão integrados em seu interior, fabricados pela Mexichem® com diâmetro nominal de 16 mm e pressão de serviço 100 kPa. As características podem ser observadas na Tabela 1.

Modelo	Vazão (L h ⁻¹)	Espessura de parede (MIL)	Espaçamento entre emissores	Amostra
Mexidrip NAC16mm	1,6	36	0,30	NAC1,6
Mexidrip NAC16mm	1,8	26	0,65	NAC1,8
Mexidrip NAC16mm	2,4	36	0,50	NAC2,4
Mexidrip NAC16mm	2,6	26	0,30	NAC2,6
Mexidrip AC16mm	1,6	36	0,60	AC1,6
Mexidrip AC16mm	1,7	26	0,60	AC1,7
Mexidrip AC16mm	2,7	36	0,60	AC2,7
Mexidrip AC16mm	2,9	26	0,60	AC2,9

Tabela 1: Características dos tubos e emissores utilizados nos ensaios

Para determinação das perdas contínua, localizada e total de carga utilizou-se uma bancada de ensaios automatizada. Os procedimentos experimentais foram realizados utilizando-se seguimentos de tubos de 20 m de comprimento, em nível, retirados de bobinas de 1000 m. A pressão de ensaio foi monitorada e mantida constante por motobomba equipada com inversor de frequência e controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID). O ajuste da vazão foi realizado pelo controle eletrônico da válvula proporcional Belimo® LRB24-3, com passagem de ½”, instalada a jusante da amostra sob ensaio. Para medição da vazão utilizou-se o medidor eletromagnético marca Krohne®, modelo IFC 010 D, com resolução de $1 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, faixa de vazão de 0 a $4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. A diferença de pressão

proporcionada pelo escoamento através do tubo foi medida por um transmissor de pressão diferencial da marca Novus®, modelo NP800H, resolução 1×10^{-2} kPa, faixa de medição de 1-100 kPa, exatidão de 0,075%

As perdas contínua, localizada e total de carga foram determinadas para a pressão de entrada de 100 kPa, utilizando-se vazões crescentes e decrescentes, em incrementos de $0,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. Durante os ensaios, monitorou-se a temperatura da água por um transmissor de temperatura da marca Zurich®, modelo TZD 420, com resolução de $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$, faixa de medição entre 0 e $50 \text{ }^\circ\text{C}$, incerteza de medição de 0,5% FE. A temperatura média da água durante os ensaios foi medida e feita a correção da massa específica da água em função da temperatura, especificada para a pressão atmosférica de 101,3 kPa e aceleração da gravidade de $9,807 \text{ m s}^{-2}$ de acordo com Tanaka (2001).

Para o estudo da perda de carga utilizou-se a equação de Darcy-Weisbach (Eq. 1), (YASMINA e RACHID, 2015). As variáveis envolvidas no cálculo da perda de carga unitária (J_c , m m^{-1}) são: a vazão (Q , $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$), o diâmetro interno do tubo (D , m) e o fator de atrito (f , adimensional) que é função do número de Reynolds (R , adimensional) e da rugosidade relativa da superfície interna do tubo (ξ , D) em que ξ é a rugosidade da superfície interna do tubo (m).

$$J_c = f \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g} = \frac{8f}{g \pi^2} \frac{Q^2}{D^5} \quad (1)$$

Para escoamento turbulento hidraulicamente liso, com $4000 \leq R \leq 10^5$, f depende apenas de R e geralmente é calculado pela equação de Blasius ou por equações similares (Eq. 2), obtidas experimentalmente:

$$f = a R^{-b} \quad (2)$$

em que, na equação de Blasius $a = 0,3164$ e $b = 0,25$ para tubos lisos rígidos. O número de Reynolds é expresso pela Eq. (3):

$$R = \frac{4 Q}{\pi v D} \quad (3)$$

sendo v o coeficiente de viscosidade cinemática da água ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$), que é função da temperatura.

A perda localizada de carga é determinada experimentalmente e, para a maioria dos componentes, são fornecidas na forma adimensional (WANG et al. 2018). O método mais utilizado para determinar a perda localizada de carga (hf_L), baseia-se na Eq. (4):

$$hf_L = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (4)$$

em que: K_L – coeficiente de carga cinética (adimensional); hf_L – perda localizada de carga (m); V – velocidade média de escoamento no tubo ($m\ s^{-1}$).

Para um segmento de tubo liso (sem gotejadores) de comprimento $L = 20$ m, em nível, com diâmetro nominal ($DN = 20$ mm) constante, foram obtidas curvas de perda de carga contínua unitária (J_c , $m\ m^{-1}$) em função da vazão (Q , $m^3\ s^{-1}$), na forma da Eq. (5):

$$J_c = K Q^a \quad (5)$$

em que: K e a são constantes de ajuste do modelo.

Os valores experimentais da perda de carga foram utilizados para calcular o fator de atrito f da Eq. (1), explicitando-se em função de j , $V^2/2g$ e D , que são quantidades conhecidas. O número de Reynolds foi calculado pela Eq. (3) com os dados experimentais. Para obter um modelo semelhante à Eq. (2), ajustou-se por regressão linear os valores experimentais de f em função de $R^{-0,25}$, obtendo-se o valor médio de f .

Dada a incerteza relacionada ao diâmetro interno dos tubos de polietileno, estimou-se hidráulicamente um diâmetro interno médio para os tubos de cada espessura de paredes (26 MIL e 36 MIL), utilizando-se a Eq. (6), derivada da Eq. (1).

$$D_h = \left(\frac{K_3 v^{0,25} Q^{1,75}}{J_c} \right)^{\frac{1}{4,75}} \quad (6)$$

em que: D_h – diâmetro hidráulico equivalente do tubo (m); v – viscosidade cinemática da água, assumindo-se o valor $1,004 \times 10^{-6}\ m^2\ s^{-1}$ para a temperatura da água de $23\ ^\circ C$; Q – vazão ($m^3\ s^{-1}$) e J_c – perda de carga unitária obtida experimentalmente ($m\ m^{-1}$); K_3 – constante característica do tubo que engloba o fator de atrito.

A perda de carga total foi determinada com a tubulação em nível, utilizando-se tubos gotejadores com os orifícios vedados, obtendo-se curvas de perda de carga total unitária (J_T , $m\ m^{-1}$) em função da vazão (Q , $m^3\ s^{-1}$), conforme Eq. (7).

$$J_T = K_1 Q^\beta \quad (7)$$

em que: K_1 e β são constantes de ajuste do modelo.

A perda localizada de carga provocada por um emissor (Hf_L , m) foi determinada pela diferença entre a perda de carga total no tubo com emissor (Hf_T) e a perda de carga contínua no tubo liso (Hf_c), dividida pelo número de emissores (N) no segmento de comprimento , conforme Eq. (8) (RETTORE NETO et al. 2009; GOMES et al. 2010).

$$Hf_L = \frac{Hf_T - Hf_c}{N} \quad (8)$$

O coeficiente de carga cinética K_L , referente à expressão geral de perda localizada de carga (Eq.4), foi determinado pelo coeficiente angular obtido por regressão linear entre os valores experimentais da perda localizada no emissor (H_{fL}) e da carga cinética.

Rearranjou-se os termos da equação de Darcy-Weisbach (Eq.1) e da expressão geral de perda localizada de carga (Eq.4), para determinação da perda localizada no emissor em termos de comprimento equivalente de tubulação (L_e , m) conforme Eq.(9):

$$L_e = \frac{2 g H_{fL} D_h}{f V^2} \quad (9)$$

Inserindo a Eq.(2) na Eq. (9), obtém-se a Eq.(10) para o cálculo do comprimento equivalente utilizando-se o fator de atrito obtido experimentalmente para o tubo liso.

$$L_e = \frac{2 g H_{fL} D_h}{a \left(\frac{4Qv^{-1}}{\pi D_h} \right)^{-0,25} \left(\frac{4Q}{\pi D_h^2} \right)^2} \quad (10)$$

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 observa-se a curva f em função de $R^{-0,25}$ para os dados experimentais, para os tubos lisos analisados. O coeficiente angular obtido foi $a = 0,3154$ para o tubo com espessura de parede de 26 MIL, e $a = 0,3193$ para espessura de parede de 36 MIL. Esses valores são próximos aos proposto por Blasius (0,3164), por se tratar de tubos lisos de polietileno. Para tubos de polietileno não colapsáveis, Bagarello et al. (1995) encontraram $a = 0,302$ e Rettore Neto et al. (2009) 0,296.

Para o tubo com espessura de parede de 26 MIL obteve-se $K_3 = 0,02484$ e para o tubo com parede de 36 MIL obteve-se $K_3 = 0,02454$. Com esses valores, os diâmetros médios estimados pela Eq. (6) foram: para o tubo de 26 MIL $D_h = 13,4$ mm e para o tubo de 36 MIL $D_h = 13,5$ mm.

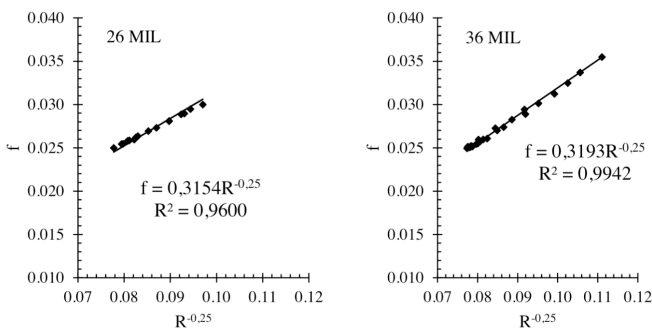


Figura 1: Fator de atrito (f) experimentais ajustados com $b = 0,25$ para os tubos de polietileno

As equações de perda contínua de carga estão apresentadas na Figura 2, para cada espessura de parede. Os expoentes da vazão, para as duas espessuras de parede caracterizam regime de escoamento turbulento. As curvas de perda de carga total (J_T m m^{-1}) em função da vazão (Q , $m^3 s^{-1}$) para todos os modelos de tubos gotejadores são apresentadas na Figura 3. Utilizando as equações obtidas pela análise de regressão, e fixando uma vazão de $20 \times 10^{-5} m^3 s^{-1}$, verifica-se que os tubos gotejadores autocompensantes proporcionaram maiores perdas de carga unitárias totais quando comparados aos demais modelos não autocompensantes. Essa diferença nos valores de perda unitária total de carga é justificado pela geometria do gotejador, uma vez que o dispositivo responsável pela regulação da pressão ocupa maior fração da área de escoamento. O mesmo comportamento foi observado por Gomes et al. (2010), também trabalhado com tubos gotejadores com emissores cilíndricos autocompensantes e não autocompensantes de pressão.

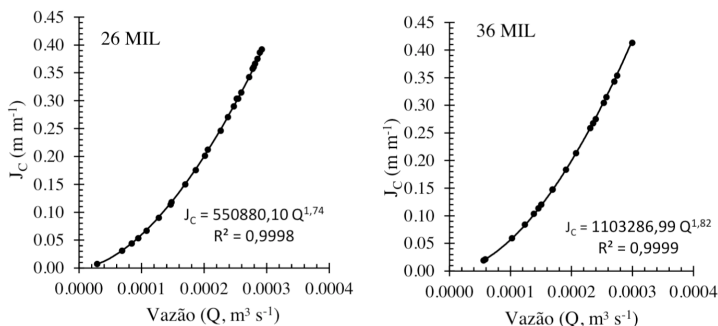
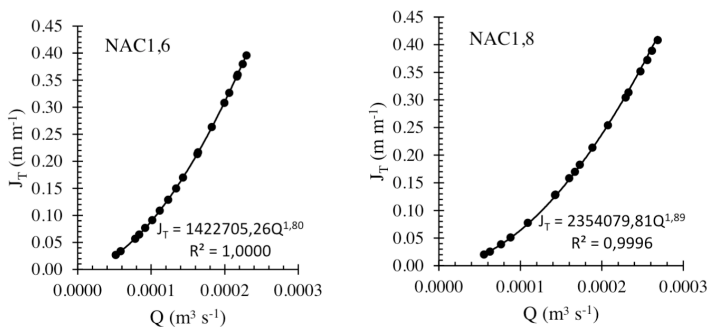


Figura 2: Perda de carga unitária contínua (J_c , $m m^{-1}$) em função da vazão (Q , $m^3 s^{-1}$) para o tubo liso de polietileno para espessuras de paredes de 26 MIL ($D_h = 13,4$ mm) e 36 MIL ($D_h = 13,5$ mm)



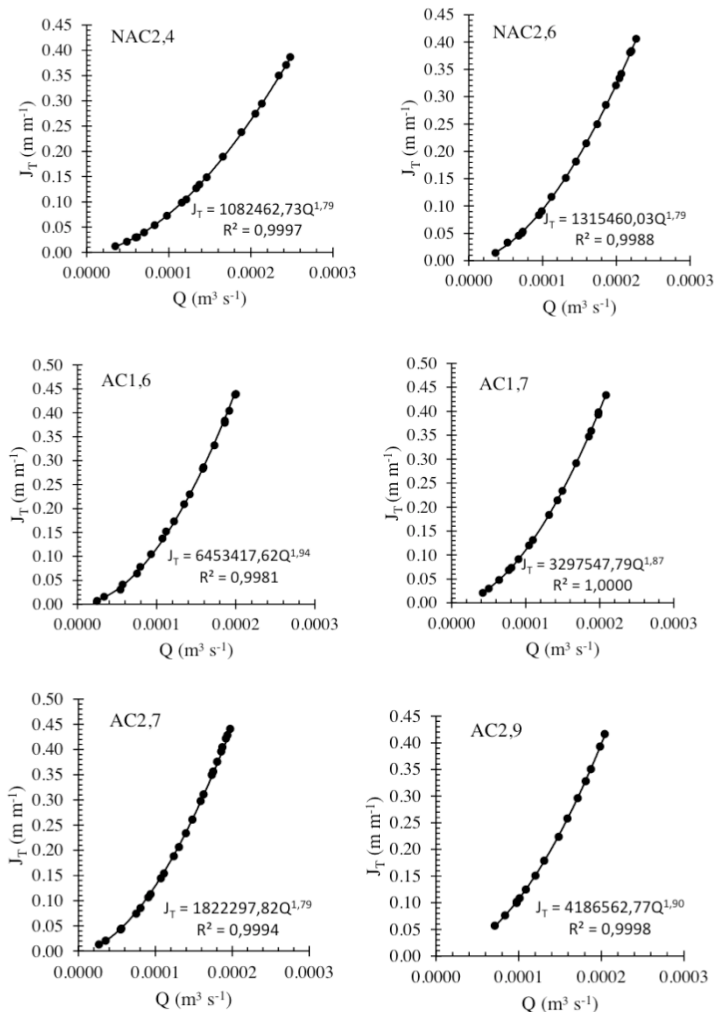


Figura 3: Perda de carga unitária total (J) em função da vazão (Q)

Na Tabela 2 são apresentados os valores de K_L obtidos por regressão linear entre H_{fL} e $V^2/2g$. Nos ajustes foram obtidos $R^2 \geq 0,9958$. Apresentam-se também os comprimentos equivalentes calculados pela Eq. (10). Verifica-se que os modelos com dispositivos autocompensantes de pressão, apresentaram maiores valores de coeficiente de carga cinética (K_L) e, conseqüentemente, maiores valores de comprimento equivalente (L_e) em comparação aos modelos não autocompensantes. O mesmo foi observado por Gomes et al. (2010).

Modelo	Diâmetro Hidráulico (m)	Parâmetro K_L da Eq. (4)	Intervalo Reynolds	L_e (m)	R^2
NAC1,6	0,0134	0,322	6736,6 - 19341,4	0,163	0,9991
NAC1,8	0,0135	0,247	6686,7 - 19198,1	0,126	0,9923
NAC2,4	0,0134	0,301	6765,4 - 19341,7	0,152	0,9997
NAC2,6	0,0135	0,377	6576,6 - 19198,1	0,192	0,9988
AC1,6	0,0134	1,192	6734,5 - 19654,2	0,602	0,9987
AC1,7	0,0135	1,230	6654,7 - 19175,2	0,626	0,9991
AC2,7	0,0134	1,213	7654,5 - 20134,1	0,612	0,9958
AC2,9	0,0135	1,194	7263,2 - 19874,3	0,608	0,9999

Tabela 2: Coeficientes de carga cinética (K_L) e comprimento equivalente (L_e) calculado pela Eq.(10) para os modelos de tubos gotejadores avaliados

Na Figura 3 apresenta-se K_L em função do número de Reynolds (R) para os modelos de gotejadores estudados. Pode-se observar que os valores de K_L , para cada modelo de gotejador estudado, varia pouco para $R > 10.000$. Esse comportamento também foi observado por Bagarello et al. (1997), Provenzano e Pumo (2004) e Gomes et al. (2010). Isso indica que o escoamento através da seção de passagem pelo gotejador é dominado pelos efeitos de inércia, sendo secundários os efeitos viscosos. É notável a diferença entre os gotejadores com dispositivo autocompensantes de pressão e os não autocompensantes, observando-se dois grupos distintos, mas com comportamento semelhante.

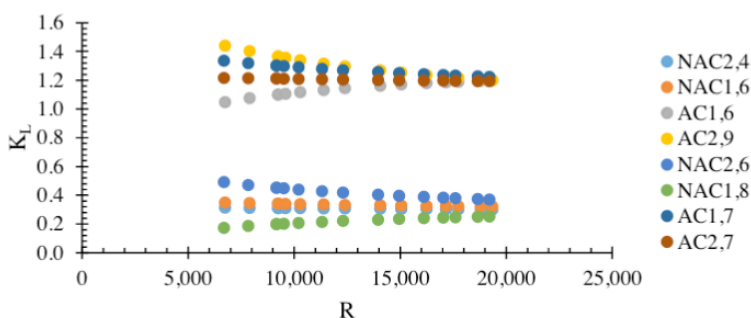


Figura 3: Valores médios de K_L em função de R

4 | CONCLUSÕES

1) A perda contínua de carga pode ser calculada pela equação de Darcy-Weisbach utilizando um fator de atrito calculado por uma função potência semelhante à de Blasius, com coeficiente $a = 0,3154$ para o tubo com espessura de parede de 26 MIL, e $a = 0,3193$ para espessura de parede de 36 MIL, ambos com $b = 0,25$.

2) Para o cálculo da perda localizada de carga foram obtidos coeficientes de carga cinética maiores para gotejadores autocompensantes (1,192 – 1,230) do que para gotejadores não autocompensantes (0,247 – 0,377), independente da espessura da parede do tubo.

3) Os valores do coeficiente de carga cinética (K_L), para cada modelo de gotejador estudado, variou pouco para $R > 10.000$, indicando que o escoamento através da seção de passagem pelo gotejador é dominado pelos efeitos de inércia.

REFERÊNCIAS

BARDESTANI, S.; GIVEHCHI, M.; YOUNESI, E.; SAJJADI, S.; SHAMSHIRBAND, S.; PETKOVIC, D. **Predicting turbulent flow friction coefficient using ANFIS technique**. *Signal, Image and Video Processing*, v.11, n.2, p.341-347, 2017.

BAGARELLO, V.; FERRO, V.; PROVENZANO, G.; PUMO, D. **Evaluating pressure losses in drip-irrigation lines**. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.123, n.1, p.1–7, 1997.

CARDOSO, G. G. De G.; KLAR, A. E. Índice geométrico e perda de carga localizada em conexões de emissores «online». *Engenharia Agrícola*, p. 1114-1127, 2014.

GOMES, A. W. A.; FRIZZONE, J.A.; RETTORE NETO, O.; MIRANDA, J.H.; **Perda de carga localizada em gotejadores integrados em tubos de polietileno**. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.3. p.435-446, 2010.

PROVENZANO, G.; PUMO, D. **Experimental analysis of local pressure losses for microirrigation laterals**. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.130, n.4, p.318-324, 2004.

RETTORE NETO, O.; FRIZZONE, J.A.; MIRANDA, J.H.; BOTREL, T.A. **Perda de carga localizada em emissores não coaxiais integrados a tubos de polietileno**. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.1, p. 8-39, 2009.

TANAKA, M.; GIRARD, G.; DAVIS, R.; PEUTO, A.; BIGNELL, N. **Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports**. *Metrologia*, v. 38, p. 301-309, 2001.

VEKARIYA, P.B; SUBBAIAH, R.; MASHRU, H.H. **Hydraulics of microtube emitters: a dimensional analysis approach**. *Irrigation Science*, v.29, p.341-350, 2011.

YASMINA, L.; RACHID, L. **Evaluation of energy losses in pipes**. *American Journal of Mechanical Engineering*, v.3, p.32-37, 2015.

WANG, Y., ZHU, D., ZHANG, L., ZHU, S. **Simulation of Local Head Loss in Trickle Lateral Lines Equipped with In-line Emitters Based on Dimensional Analysis**. *Irrigation and Drainage*, 67 (4), pp. 572-581, 2018.

CAPÍTULO 7

SISTEMA LISIMÉTRICO DE INFORMAÇÕES PARA MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA PELAS PLANTAS (SLIMCAP)

Data de aceite: 01/10/2020

Márcio Aurélio Lins dos Santos

PPGAA, UFAL, Campus de Arapiraca
Arapiraca, AL

Laylton de Albuquerque Santos

PPGAA, Campus de Arapiraca, UFAL
Arapiraca, AL

Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas

PRORH, UFS, Dept Agrícola
Aracaju, SE

Raimundo Rodrigues Gomes Filho

PRORH, UFS, Dept Agrícola
Aracaju, SE

Daniella Pereira dos Santos

Dept Agrícola, UFRPE
Recife, PE

RESUMO: A tecnologia dos “computadores” de bolso propiciou o acesso à informação em poucos toques. Neste sentido, o SLIMCAP, busca ser uma alternativa rápida e de boa precisão para auxiliar o agricultor na tomada de decisão na irrigação. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema para monitorar o consumo de água pelas culturas por meio de lisimetria com auxílio de um aplicativo móvel. O sistema tecnológico (lisímetros mais .app) foi desenvolvido pelo Grupo Irriga junto ao suporte do Coletivo EIDI, ambos do Campus de Arapiraca da UFAL. Para a confecção do sistema de lisimetria de drenagem

foram utilizados cinco reservatórios de 20 litros (lisímetros) mais cinco de 2,0 litros (fornecimento de água) e cinco de 2,0 litros (coletores dos drenos). Para o desenvolvimento do aplicativo mobile foi utilizado o Framework IONIC, software de código aberto, calculando as leituras de dados coletados em lisímetros de drenagem (volume aplicado, volume drenado), do pluviômetro e informar ao produtor rural a evapotranspiração da cultura, o consumo de água pelas culturas e o tempo de irrigação da sua lavoura. O aplicativo foi desenvolvido, com testes de usabilidade e aberto a implantação de novas funcionalidades.

PALAVRAS-CHAVE: Evapotranspiração de cultura, lisímetro de drenagem, inovação tecnológica.

LYSIMETRIC SYSTEM OF INFORMATION FOR MONITORING OF WATER CONSUMPTION BY PLANTS (SLIMCAP)

ABSTRACT: Pocket “computer” technology has provided access to information in a few touches. In this sense, the SLIMCAP, search to be a fast alternative and good precision to assist farmers decision making in irrigation. The objective of this work was to develop a system to monitor crop water consumption through lysimetry with the aid of an mobile app. The technology system (lysimeters plus mobile .app) was developed by the Group Irriga with the support of the Collective EIDI, both from the Campus of Arapiraca of the UFAL. To making of the system the drainage lysimetry, were used reservoirs five 20 liter (lysimeters) plus five 2.0 liter (water supply) and five 2.0 liter (drains collectors), calculating the

readings of data collected in drainage lysimeters (applied volume, drained volume), of the pluviometer and inform the farmer the water consumption by the crops and the irrigation time of their tillage by the crop evapotranspiration. For the development of the mobile app was used the IONIC Framework. The mobile app was developed, with usability tests in agricultural experiments and is open to the implementation of new features.

KEYWORDS: Crop evapotranspiration, drainage lysimeters, technologic innovation.

1 | INTRODUÇÃO

Na agricultura irrigada a água é um componente fundamental para desenvolvimento da produção agrícola das mais variadas culturas. “No Brasil a irrigação teve início na década de 1900 para a produção de arroz no Rio Grande do Sul. Porém, só teve uma intensificação em outras regiões entre 1970 e 1980” (ANA, 2017). Desde então, tem-se mostrado um artifício promissor, visto que a maioria das áreas do país não tem chuva regularmente. Em destaque, o semiárido nordestino.

A quantidade de água deve atender à evapotranspiração e a lixiviação do solo, sendo a evapotranspiração a parte mais importante a ser suprida através das precipitações e da irrigação (BERNARDO et al., 2009). Existem diferentes métodos para se determinar a necessidade hídrica da cultura. Eles podem ser diretos, através de equipamentos (exemplo: lisímetros), ou indiretos, obtidos por modelos matemáticos.

Os lisímetros são evapotranspirômetros no qual contém no seu interior solo representativo da área de cultivo, sendo equipamentos impermeáveis, tais como: reservatórios, recipientes, containers, etc. Esses são usados por meio do balanço hídrico, determinado de forma direta pela evaporação do solo mais a transpiração da cultura (evapotranspiração), contabilizando a entrada e saída de água do perfil útil do solo, ou seja, de acordo com o sistema radicular da cultura.

Segundo Bernardo et al. (2009), os lisímetros se apresentam, geralmente, em pesáveis (exemplo: pesagem mecânica, flutuante e hidráulico) e não pesáveis (ex. drenagem e lençol freático). De acordo com Biscaro (2007), os lisímetros que possuem célula de carga são os que apresentam maiores custos para instalação, mas, em contrapartida, possuem melhor precisão dos dados. Já os lisímetros de drenagem são mais baratos, podendo ser destinados a culturas de pequeno porte (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Camargo (1962) para estimar a evapotranspiração, por meio de lisímetros de drenagem, utilizou a equação: $ET = I + P - D$, em que: ET – evapotranspiração (mm), I - volume de irrigação (mm), P - volume de precipitação (mm), D - volume drenado (mm).

Atualmente, a maioria dos pequenos produtores não tem conhecimento aprofundado dos vários métodos existentes do manejo da água para verificar e manter o consumo das plantas. Conseqüentemente, resulta no problema do excesso ou insuficiência da água fornecida durante o ciclo da cultura.

A tecnologia dos “computadores” de bolso propiciou o acesso à informação em poucos toques. A facilidade é uma tendência real, onde usuários destes equipamentos podem buscar conhecimentos através de técnicas para estimar a real necessidade da cultura. Neste contexto, o SLIMCAP (*Sistema Lisimétrico de Informações para Monitoramento do Consumo de Água pelas Plantas*) é uma plataforma móvel complementar ao sistema de lisimetria de drenagem, que vem como uma forma rápida para o auxílio da tomada de decisão no manejo da irrigação.

A ferramenta framework pode ser utilizado para a construção de aplicativos nativos (capaz de funcionar em apenas uma plataforma) ou no desenvolvimento de aplicativos híbridos (funcional em mais de uma plataforma), o Ionic é um kit de desenvolvimento de software (Software Development Kit – SDK) de código aberto baseado em HTML5 (HyperText Markup Language, versão 5), aplicado na construção de aplicativos mobile usando tecnologias HTML, CSS e Javascript (IONIC, 2017).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema para monitorar o consumo de água pelas culturas por meio de lisimetria com auxílio de um aplicativo móvel, com base nas leituras de dados coletados em lisímetros (volume aplicado, volume drenado) e pluviômetro. E informar ao produtor rural uma estimativa do consumo de água pela cultura e o tempo de irrigação equivalente, através da evapotranspiração da cultura (ETc).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O sistema SLIMCAP (*Sistema Lisimétrico de Informações para Monitoramento de Água pelas Plantas*) foi desenvolvido e implantado no Grupo Irriga (*Grupo de Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica em Manejo de Água para Irrigação*) com parceria do Coletivo EIDI (*Estudos e Implementações Dirigidos a Ideias*) (www.coletivoeidi.com.br), ambos do Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Esse sistema foi desenvolvido com a junção do equipamento de lisimetria em funcionamento com um aplicativo. Com a finalidade de atender inicialmente a demanda dos pequenos produtores para que consigam por meio do dispositivo móvel saber o tempo médio de irrigação baseados nos dados que são coletados diariamente. Em que, o aplicativo calcula sugestões da quantidade de água que deveria ser aplicada por dia.

Durante suas análises de pesquisa o Grupo Irriga construiu planilhas para calcular e analisar o desenvolvimento das hortícolas (Figura 1). O aplicativo foi construído baseado nessas planilhas e na aplicação em campo com o conjunto de lisimetria. Onde foram testados e verificaram-se excelentes resultados do equipamento de lisimetria de drenagem em funcionamento conjunto com a planilha.

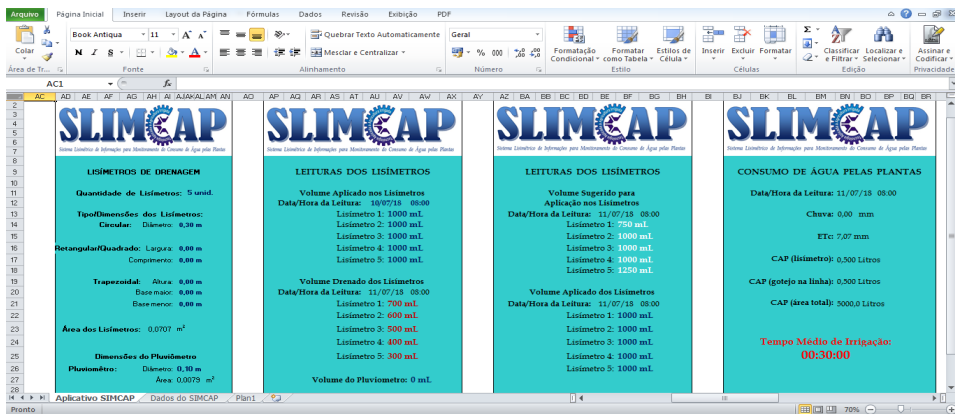


Figura 1. Planilha de lisimetria utilizada para o desenvolvimento de projetos no Grupo Irriga.

Logo, o SLIMCAP é uma tecnológica de monitoramento diário do consumo de água pelas plantas, para o correto funcionamento, o sistema é composto de um aplicativo mobile e de um conjunto de, no mínimo, cinco lisímetros de drenagem. Podendo ser adaptado para outros tipos de lisímetros, tais como: de pesagem e de lençol freático de carga constante.

Para melhores resultados e maior precisão nas aferições dos resultados são utilizados um conjunto de cinco de lisímetros independentes, com a mesma cultura. Em que, cada lisímetro possui um reservatório (para fornecimento de água), um recipiente (utilizado como lisímetro) e um coletor da água (para drenagem da água excedente) (Figura 2).

Os lisímetros recebem a água e elevam a umidade do solo para a capacidade de campo, preenchendo o volume hídrico que foi evaporado pelo solo e transpirado pela planta ao longo de um dia, o que não for armazenada será drenada e armazenada nos coletores até o momento da leitura, também são instalados pluviômetros na área para contabilizar a precipitação que, possivelmente, entram nos lisímetros.

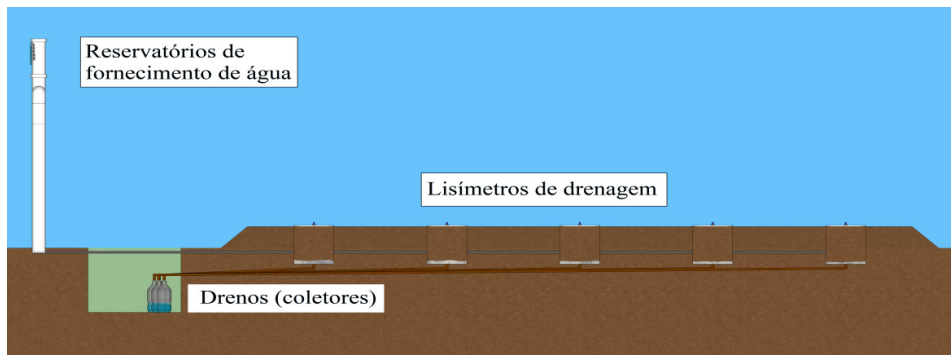


Figura 2. Representação do sistema de lisimetria instalado e seus componentes.

Para fabricar os reservatórios foram utilizados tubos de PVC, com diâmetro nominal de 100 mm, sendo acoplada uma mangueira externa, graduada a cada 50 mL para acompanhar a quantidade de água que entra no sistema (Figura 3A e 3B) e os coletores (Figura 3C) são reaproveitados de recipientes com volume de 20 L e 2 L, respectivamente.



Figura 3. Sistema SLIMCAP em campo, reservatório de fornecimento de água (A), recipiente de entrada de água para os lisímetros (B) e sistema coletor, drenos (C).

Para construção do aplicativo mobile foi utilizado o Framework Ionic, com o intuito de facilitar o procedimento que são realizados diariamente pelos agricultores. Desse modo, o aplicativo desenvolvido armazena dados diários no dispositivo móvel do usuário por meio de um plugin conhecido como SQLite. Sendo este um banco de dados baseado em SQL (Structured Query Language), no entanto omite alguns recursos do padrão SQL e incrementa alguns recursos próprios (SQLITE, 2018). Essa ferramenta utiliza o modelo relacional, que é composto por entidades e relacionamentos. As entidades são na prática tabelas nas quais os dados são guardados, e os relacionamentos são como as tabelas estão relacionadas.

Contudo, o plugin utilizado no Ionic é disponibilizado pelo Cordova, permite armazenar os dados localmente no dispositivo móvel do usuário. O Ionic é um framework open source, usado para desenvolvimento rápido de aplicações, utilizando: CSS, HTML e TypeScript (IONICFRAMEWORK, 2018). A vantagem de utilizar essa ferramenta é a facilidade de desenvolver para várias plataformas a partir de uma única aplicação. Este método quando usado para o desenvolvimento de aplicações mobile é denominado de aplicativos híbridos, por ser uma mistura de aplicação web com o nativo.

No entanto, o Ionic oferecer suporte de APIs disponibilizadas pelo Cordova que possibilitam acesso às funções nativas do dispositivo. Ademais, este também “permitem desenvolver uma aplicação com HTML, CSS e JavaScript encapsulada como aplicação móvel nativa” (NETBEANS, 2018). Mas apesar do encapsulamento feito pelo Cordova a

aplicação é considerada híbrida. Contudo, o Ionic é uma ferramenta composta também de outros framework, tais com o AngularJs que permitem tornar as páginas feitas em HTML dinâmicas, além de possibilitar a criação de teste unitários e empacotamento (ANGULAR, 2018).

Na Figura 4 encontra-se a representação visual de algoritmos na construção das telas, onde pode ser observado a sequencia detalhada das operações de funcionamento do aplicativo SLIMCAP, onde todos os passos são visualizados.

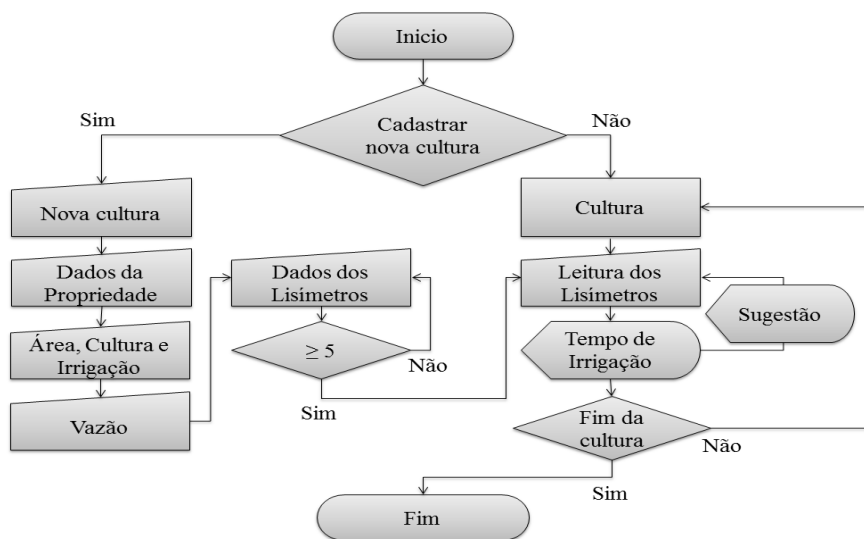


Figura 4. Fluxograma de funcionamento do aplicativo SLIMCAP.

A planilha calcula os dados de evapotranspiração do lisímetro através da equação a seguir, uma adaptação da equação de Camargo (1962). No qual para calcular a Etc, deve determinar a lâmina aplicada (Equação 1) e a lâmina drenada (Equação 2), excluindo o maior e menor valor registrado, fazendo uma média aritmética dos valores restantes e dividindo-se pela área do lisímetro.

$$L_A = \frac{\sum_{i=1}^n [(V_A) - maior(V_A) - menor(V_A)]}{(n-2).A} \quad (1)$$

$$L_D = \frac{\sum_{i=1}^n [(V_D) - maior(V_D) - menor(V_D)]}{(n-2).A} \quad (2)$$

Em que,

L_A - lâmina aplicada (mm), L_D - lâmina drenada (mm), V_A - volume aplicado no lisímetro (L), V_D - volume drenado do lisímetro (L), n - número de lisímetros instalados (unid.), A - área interna da bordadura do lisímetro (m^2).

A área dos lisímetros pode ser obtida para cada formato, circulares (Equação 3), retangulares e/ou quadrados (Equação 4), conforme a necessidade da disposição da linha de cultivo e sistema radicular da cultura.

$$A_1 = \pi * R_1 * R_2 \quad (3)$$

$$A_2 = L_1 * L_2 \quad (4)$$

Em que,

A_1 - área da circunferência (m^2), A_2 - área do retângulo (m^2), π - Pi, adimensional, R_1 - raio do semieixo maior (m), R_2 - raio do semieixo menor (m), L_1 - maior comprimento (m), L_2 - menor comprimento (m).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao inicializar o aplicativo SLIMCAP pela primeira vez, o usuário realizará um cadastro onde será necessário o preenchimento dos campos solicitados (Figura 5A): Nome do(a) proprietário(a); Nome da propriedade; Endereço: identificação da localidade (Complemento, Município e Estado); Latitude: informação geodésica da latitude, coordenadas decimais; Altitude: informação sobre a altitude em relação ao nível do mar (m).

Após o preenchimento e a confirmação dos dados o software irá gerar um “Número de Registro” para o celular, que poderá ser visualizado posteriormente em “Informações da Propriedade” quando navegado por meio do menu, localizada no canto superior esquerdo, selecionando a aba “Informações da Propriedade” (Figura 5B).

Para utilização da plataforma o agricultor deverá cadastrar a cultura de interesse. A adição da cultura se dá pelo botão adicionar, localizado no canto inferior direito, onde o produtor informará o nome da cultura (Figura 5B) e fornecer algumas informações sobre a cultura (Figura 6A).

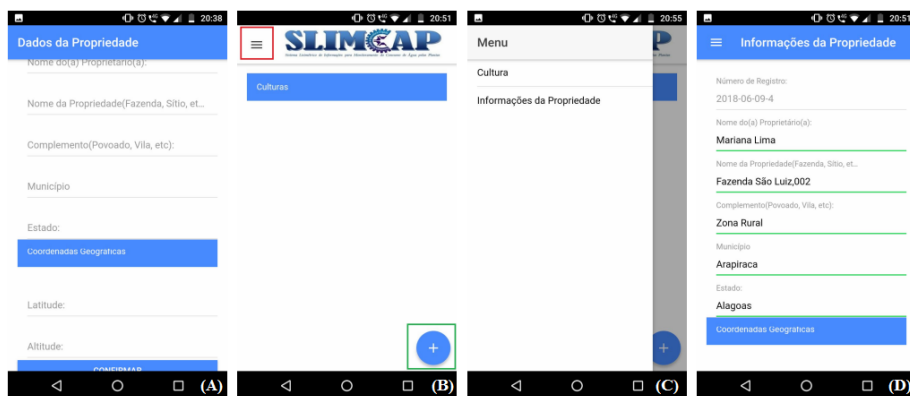


Figura 5. Visões da tela de cadastro do produtor (A), aba do menu (B) e informações da propriedade (C e D).

Após o cadastro da cultura (Figura 6A), o usuário informa sobre a área do cultivo da área, da cultura e do sistema de irrigação. O aplicativo mostra se a faixa molhada será contínua ou não com base na distância entre gotejadores e tipo de solo selecionado (Figura 6B). Logo depois, é necessário cadastrar os níveis de vazão (Figura 6C), e no final é mostrado o cálculo da média geral da vazão. Também é necessário fazer o cadastro dos lisímetros, sendo o uso obrigatório de um mínimo cinco lisímetros (Figura 6D), com intuito de minimizar o erro do uso de lisímetros de drenagem, no qual para calcular a ETC e o consumo de água pela cultura utiliza a média de três dos cinco lisímetros, descartando os valores extremos das leituras (maior e menor), nessa aba mostra a opção de escolha do tipo de lisímetros (circular, retangular ou quadrada), calculando a área do mesmo. E também as dimensões do pluviômetro (Figura 6D).

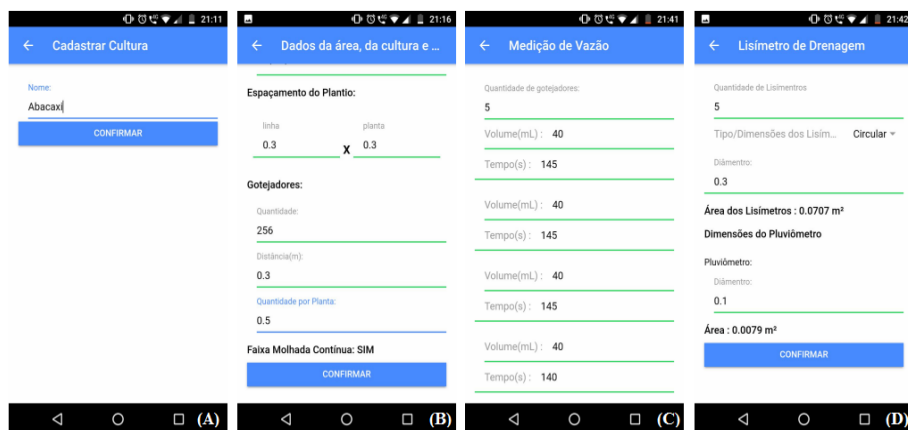


Figura 6. Visões da tela cadastro de cultura e nomear nova cultura (A), informar dados sobre área cultivada, dados da cultura e do sistema de irrigação (B), da medição de vazão (C) e o dos dados dos lisímetros (D).

A determinação da faixa molhada é feita segundo Maia et al. (2010), que analisou a formação de bulbos em diversos solos do estado do Rio Grande do Norte utilizando modelo potencial. As equações para a quantificação do diâmetro do bulbo molhado levam em consideração o tempo de irrigação e a vazão do emissor de água. Os diâmetros encontrados para solos com maiores quantidades de argila (Latosolo Vermelho) foram de ~0,22 m de diâmetro do bulbo para uma vazão de 1,0 L h⁻¹, nos solos que apresentam maior porção de areia (Neossolo Quartzarênico) o diâmetro obtido para a formação do bulbo, com vazão do sistema de 1,0 L h⁻¹, foi de ~0,27 m.

As Figuras 7A, 7B, 7C, 7D ilustram os procedimentos que o produtor deve realizar diariamente, todos os dados exibidos são meramente ilustrativos. Na Figura 7B são os valores aplicados em cada lisímetro, depois de 24 horas o produtor irá cadastrar os valores

drenados (Figura 7C) que foram marcados pelos coletores já mencionados.

Com base nos valores aplicados salvos no dia anterior e no drenado do dia seguinte, o aplicativo calcula uma média levando em consideração as informações no cadastro da cultura. Essa média fornecerá sugestões para o agricultor fazer a próxima aplicação da lâmina de água nos lisímetros, para aquele determinado dia (Figura 7D). Ademais, existe um campo a mais na página dos drenados que corresponde ao volume do pluviômetro, este está relacionado com a quantidade de chuvas, dependendo do valor inserido o tempo médio de irrigação pode ser alterado (aumentar ou diminuir).

Ao final da leitura dos lisímetros o aplicativo irá disponibilizar, por meio da aba consumo de água pelas plantas, um relatório informando ao agricultor a evapotranspiração da cultura (ETc, mm) que está sendo cultivada, o volume de chuva (mm), a média do consumo de água pelas plantas do lisímetro ($CAP_{(lisímetro)}$, litros), quanto será o consumo de água pelas plantas de toda área ($CAP_{(área\ total)}$, litros) e o tempo de irrigação recomendado para a cultura (Figura 7E).

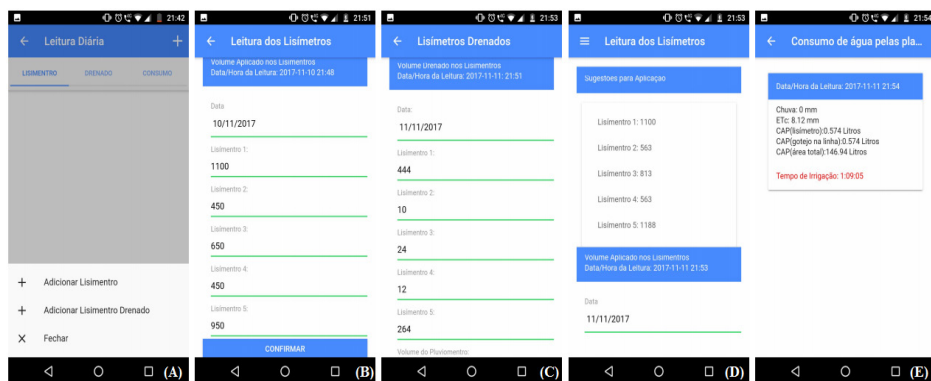


Figura 7. Aba para adicionar de volume aplicado e drenado (A), volume aplicado (B), volume drenado (C) e sugestão de aplicação (D), informações sobre chuva, ETc, $CAP_{(lisímetro)}$, $CAP_{(área\ total)}$ e tempo de irrigação (E).

4 | CONCLUSÃO

O aplicativo respondeu significativamente aos testes de usabilidade, na aplicação em experimentos agrícolas. Se mostrando uma ferramenta funcional para fornecer informações ao agricultor, podendo o mesmo controlar a irrigação em sua lavoura e obter diariamente o consumo de água de cada cultura registrada no sistema, bem como a quantidade de água para suprir a demanda hídrica dos seus cultivos.

REFERÊNCIAS

ANA (Agência Nacional de Águas). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Agência Nacional de Águas, 2017.

ANGULAR. Angular: What is angular?, 2018. <<https://angular.io/docs>>. Acessado: em 20/05/2018.

BERNARDO, S; SOARES, A. A; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2009. p. 625.

BISCARO, G. A. Meteorologia agrícola básica. Cassilândia: UNIGRAF, 2007. p. 87.

CAMARGO, A. P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. BRAGANTIA, Campinas, SP, v. 21, n. 12, p. 163-213, 1962.

IONIC. Advanced HTML5 hybrid mobile app framework, 2017. <<http://ionicframework.com/>>. Acessado em: 21/11/2017.

IONICFRAMEWORK. Build amazing native apps and progressive web apps with ionic, 2018.

framework and angular. <https://ionicframework.com/framework>. Acessado em 30/05/2017.

MAIA, C. E.; LEVIEN, S. L. A.; MEDEIROS, J. F.; DANTAS NETO, J. Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, CE, v. 41, n. 1, p. 149-158, 2010.

NETBEANS. Conceitos básicos sobre criação de uma aplicação cordova, 2018. <https://netbeans.org/kb/docs/webclient/cordova-gettingstarted_pt_BR.html>. Acessado em: 01/06/2018.

SQLITE. Query language understood by sqlite, 2018. <<https://www.sqlite.org/lang.html>>. Acessado em: 01/06/2018.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia. Recife: Versão digital 2, 2006. p. 463.

CAPÍTULO 8

COMPARAÇÃO DA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELOS MÉTODOS PENMAN-MONTEITH FAO 56 E JENSEN-HAISE

Data de aceite: 01/10/2020

Ugo Leonardo Rodrigues Machado

Universidade Federal Rural do Semi-Árido-
UFERSA
Mossoró, RN

Giordano Bruno Silva Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido-
UFERSA
Mossoró, RN

Kadidja Meyre Bessa Simão

Universidade Federal Rural do Semi-Árido-
UFERSA
Mossoró, RN

Liherto Ferreira Dos Santos

Universidade Federal Rural do Semi-Árido-
UFERSA
Mossoró, RN

Ana Luzia Medeiros Luz Espínola

Universidade Federal Rural do Semi-Árido-
UFERSA
Mossoró, RN

José Espínola Sobrinho

Universidade Federal Rural do Semi-Árido-
UFERSA
Mossoró, RN

RESUMO: Estimativas precisas da evapotranspiração de referência são de fundamental importância para o planejamento agrícola de uma região. Devido ao método

padrão necessitar de grande número de elementos meteorológicos, que nem sempre estão disponíveis em algumas regiões, tem se estudado a aplicação de métodos mais simples, que usam um menor número de variáveis meteorológicas. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho do método de Jensen-Haise em comparação ao método de Penman-Monteith FAO 56 para estimar a evapotranspiração de referência para as condições do semiárido nordestino durante um período de dois anos distintos: um ano chuvoso e o outro seco - 2011 e 2012, respectivamente. Nas estimativas, foram utilizados dados da estação automática da Universidade Federal do Semi-Árido. Os resultados mostraram que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Jensen-Haise superestima a estimada pelo método padrão em todos os meses do ano, independente da precipitação anual.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos empíricos; métodos e estimativa; ETo de referência.

COMPARISON OF THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE BY PENMAN-MONTEITH FAO 56 AND JENSEN-HAISE

ABSTRACT: Precise estimates of reference evapotranspiration are of fundamental importance for the agricultural planning of a region. Due to the standard method it needs a large number of meteorological elements, which are not always available in some regions, the application of simpler methods that use a smaller number of meteorological variables has been studied. The objective of this work was to evaluate the

performance of the Jensen-Haise method in comparison to the Penman-Monteith method FAO 56 to estimate the reference evapotranspiration for the northeastern semiarid conditions during a period of two distinct years: a rainy and the other dry - 2011 and 2012, respectively. In the estimates, data were used from the automatic station of the Federal University of the Semi-Arid. The results showed that the reference evapotranspiration estimated by the Jensen-Haise method overestimates that estimated by the standard method in all months of the year, regardless of annual precipitation.

KEYWORDS: Empirical methods, methods and estimation, Reference ETo.

1 | INTRODUÇÃO

A estimativa do consumo hídrico das culturas tem sido tema de vários estudos nas últimas décadas, onde várias foram às metodologias criadas para tentar representar de maneira precisa essa questão. A obtenção deste consumo pode ser realizada através de medições diretas no campo ou por meio indireto através de equações empíricas. As medições diretas muitas vezes requerem a utilização de equipamentos sofisticados e caros o que no geral inviabiliza sua utilização. Por isso, tem-se recorrido à utilização de equações empíricas, por geralmente serem mais práticas e viáveis de serem usadas para fins de manejo da irrigação (CAVALCANTE JÚNIOR et al., 2011).

Existem diferentes métodos indiretos para estimar a ETo de uma região, que utilizam um ou mais elemento meteorológicos (BRIXNER et al., 2014). Entretanto, é de fundamental importância que antes de aplicar um método para determinado local ou região, é necessário verificar o desempenho deste em relação ao método-padrão (Penman-Monteith FAO), em diferentes escalas de tempo e, quando necessário, fazer calibrações a fim de minimizar erros de estimativa (PEREIRA et al., 2009).

O método de Penman-Monteith FAO é considerado, pela comunidade científica mundial, o mais apropriado para estimar a ETo, pois considera os fenômenos biofísicos da evapotranspiração, utilizando um conjunto importante de variáveis meteorológicas (CARVALHO et al., 2011), contudo, esse método necessita de grande número de elementos meteorológicos, que nem sempre estão disponíveis em algumas regiões, levando, dessa forma, ao uso de equações mais simples, que necessitem de um número menor de elementos meteorológicos (FIETZ et al., 2005). Diante da busca por um método mais simples para estimar a evapotranspiração de referência local, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho do método de Jensen-Haise em comparação ao método de Penman-Monteith FAO 56 para estimar a evapotranspiração de referência para as condições do semiárido nordestino durante um período de dois anos distintos: um ano chuvoso e o outro seco.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no trabalho são referentes aos anos de 2011 e 2012 e foram coletados na estação automática da Universidade Federal do Semi-Árido, no município de Mossoró-RN, cujas coordenadas geográficas são as seguintes: latitude 5° 12' 48" S, longitude 37° 18' 44" W. Grw., e altitude de 37 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw^h, ou seja, quente e seco, com temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual bastante irregular com média de 672,9 mm, onde as maiores precipitações ocorrem no verão atrasando-se para o outono, e umidade relativa de 68,9% (CARMO FILHO et al., 1991).

Comparou-se a ETo dos respectivos anos por meio dos métodos de Penman-Monteith padronizado pela FAO e Jensen-Haise. Inicialmente, estimou-se a ETo diária de todos os dias do ano, onde em seguida, obteve-se as estimativas mensais, as quais foram consideradas para efeitos de comparação.

Para o cálculo da ETo pelo método de Penman-Monteith FAO 56, seguiu-se a metodologia descrita por Allen et al. (1998). Assim:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{(T_a + 273)} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

Em que: Δ : declividade da curva de pressão de vapor no ponto de temperatura média (kPa °C⁻¹); R_n : radiação solar líquida total do gramado (MJ m⁻² d⁻¹); G : fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹); γ : constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); e_s : pressão de saturação do vapor médio diário (kPa); e_a : Pressão atual de vapor médio diário (kPa); u_2 : velocidade do vento média diária a 2m de altura (m s⁻¹); e T_a : temperatura média do ar (°C).

No cálculo da ETo pelo método de Jensen-Haise (1963) utilizou-se a equação dos próprios autores. Dessa forma:

$$ET_o = R_s (0,0252 T_a + 0,078) \quad (2)$$

Em que: R_s : Radiação solar global (cal.cm⁻².dia⁻¹); e T_a : Temperatura média do ar em (°C).

Os valores de ETo resultantes da aplicação dos dois métodos apresentados foram submetidos à análise estatística e a comparação foi baseada em regressão linear. A precisão dos modelos foi avaliada por meio dos índices estatísticos sugeridos Camargo e Sentelhas (1997) (Tabela 1): coeficiente de correlação (r), (equação 3), índice de Willmott (d) (equação 4) e indicador (c), sendo c obtido pelo produto de $d * r$.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O) \cdot (P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - O)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - P)^2}} \quad (3)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O_i| + |O_i - O_i|)^2} \right] \quad (4)$$

Em que: Pi: Valor estimado; P: Média do valor estimado; Oi: Valor observado; e O: Média dos valores observados.

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Tabela 1. Valores dos coeficientes de desempenho conforme Camargo e Sentelhas (1997).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 mostra o desempenho da equação de Jensen-Haise em relação a equação do método padrão. Com base nos valores verificou-se que para o ano de 2011 o desempenho foi considerado sofrível, ao passo que em 2012 foi considerado mau. Em trabalho semelhante, Cavalcante Júnior et al. encontraram um desempenho ótimo (c = 0,87) para o método Jensen-Haise no período 2002 a 2008 com dados pertencentes a mesma estação meteorológica.

Método		r	d	c	Desempenho
Jensen-Haise	2011	0,88	0,66	0,58	Sofrível
	2012	0,77	0,58	0,45	Mau

Tabela 2. Valores de coeficiente de correlação, índice de exatidão e coeficiente de desempenho referente ao período de 2011 e 2012 em Mossoró-RN.

Na Figura 1 (A, B, C e D) pode ser visualizado a ETo estimada pelos métodos Penman-Monteith FAO 56 e Jensen-Haise para os anos de 2011 (ano chuvoso) e 2012 (ano seco). Verifica-se que a ETo estimada pelo método de Jensen-Haise é superior a ETo estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 para todos os meses dos dois anos, sendo as maiores diferenças constatadas no primeiro semestre de ambos os anos.

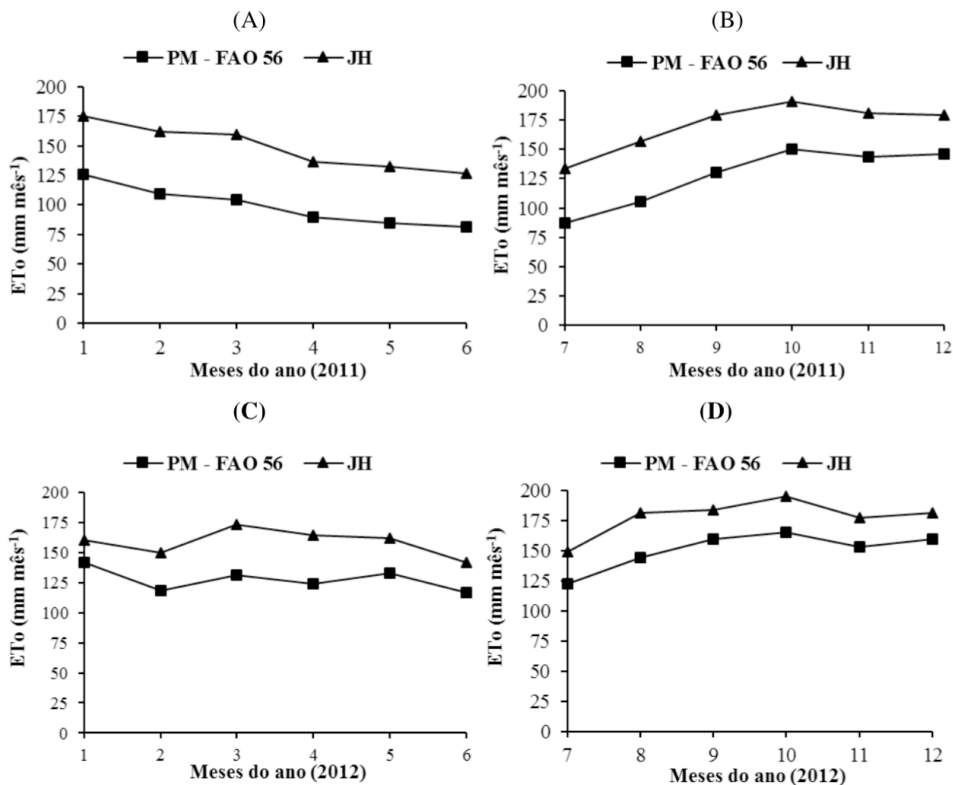


Figura 1. Evapotranspiração de referência estimada pelos métodos Penman-Monteith FAO 56 (PM FAO 56) e Jensen Haise (JH) para os anos de 2011 (A e B) e 2012 (C e D).

Para o ano de 2011, a diferença entre a ETo estimada entre os dois métodos é de 49,6% no primeiro semestre e 33,9% no segundo semestre. Quando comparado os valores do ano inteiro, é verificada uma diferença de 40,8% entre as estimativas. Já para o ano de 2012, essa diferença é de 24,4 e 18,0% para o primeiro e segundo semestre, respectivamente; no ano, a diferença observada foi de 21,0% (Figura 1).

De acordo com Medeiros (2008) a equação de Jensen-Haise (1963) foi uma equação desenvolvida para regiões áridas e semiáridas, o que explica as menores diferenças constatadas no segundo semestre de cada ano quando comparado ao método padrão, como também no ano seco (2012).

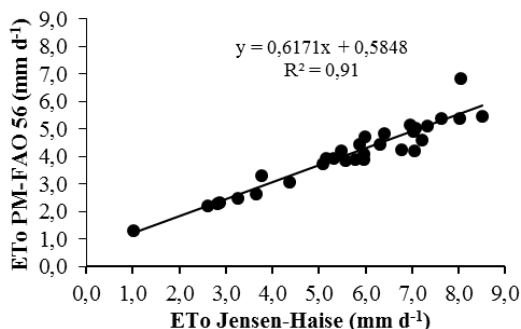
Ainda em relação a figura 1, constata-se que a diferença de ETo estimada pelos dois métodos são maiores nos meses de maio e junho (55,8 e 55,5%) para o ano de 2011 e março e abril para o ano de 2012 (31,6 e 32,5%). Já as menores diferenças, no geral, foram observadas nos dois últimos meses do ano (25,8 e 22% em 2011 e 15,9 e 13,5% em 2012).

Os resultados obtidos nesse trabalho corroboram com estudos feitos na região. Moura et al. (2013) estudando a evapotranspiração de referência baseada em métodos

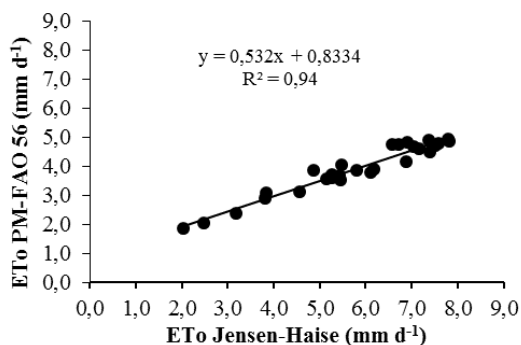
empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco – Brasil, constataram que o método de Jensen-Haise superestimou a ETo em todos os meses do ano, com diferenças relativas entre 26,04% (novembro) e 36,18% (maio). Cavalcante Júnior et al. (2011) verificaram que o método de Jensen-Haise obteve desempenho ótimo no período seco e desempenho mediano no período úmido para estimativas feitas entre janeiro de 2002 e junho de 2008.

As figuras 2 e 3 apresentam a relação entre a evapotranspiração de referência mensal e anual estimada pelo método Penman-Monteith FAO 56 e Jensen-Haise para os anos de 2011 e 2011. Consta-se que nos períodos em que há maior precipitação, há uma maior correlação entre os métodos. Dessa forma, observa-se maior correlação (R2) para o ano chuvoso (2011).

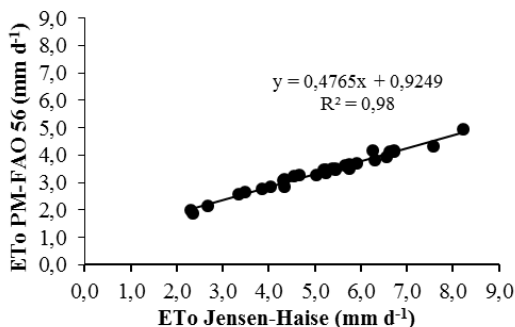
Janeiro



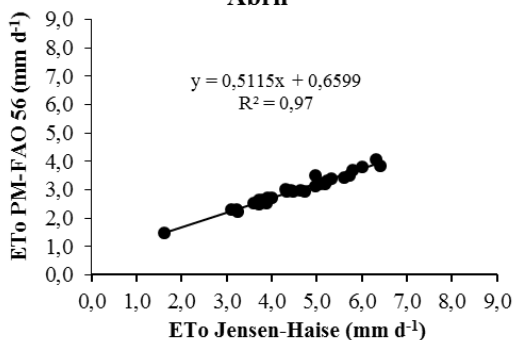
Fevereiro

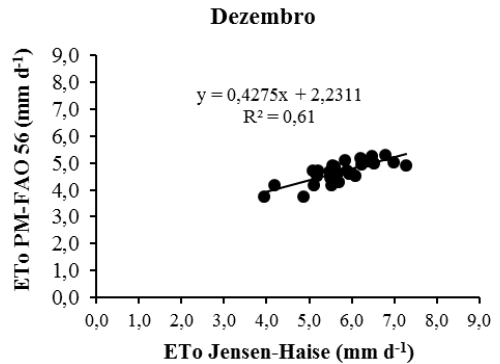
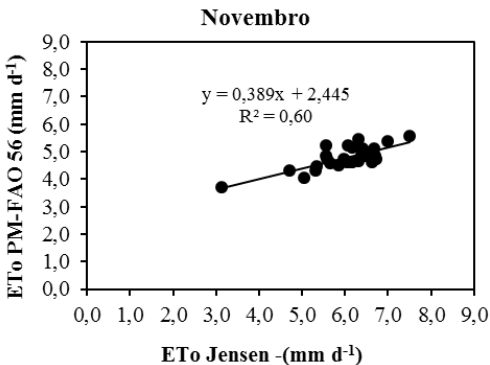
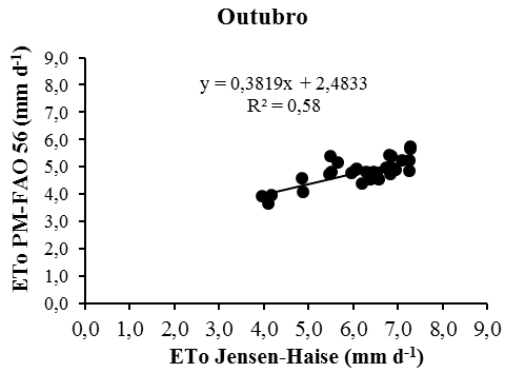
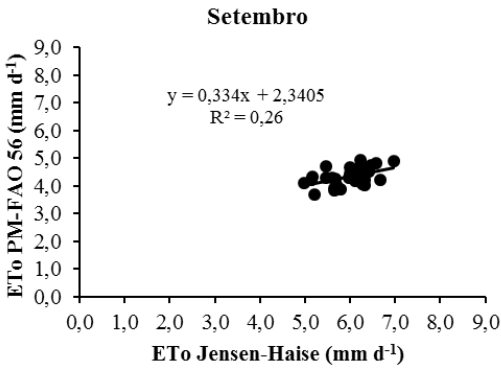
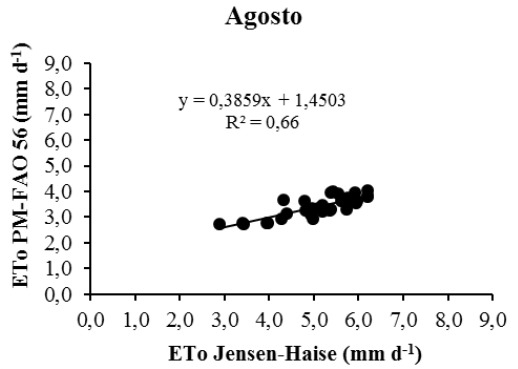
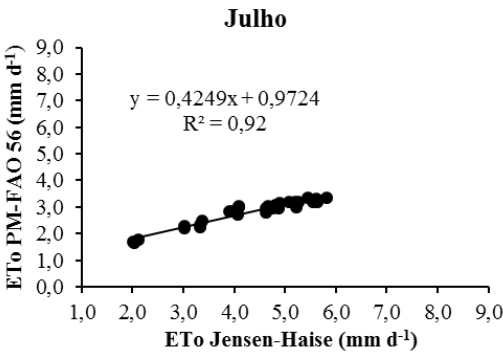
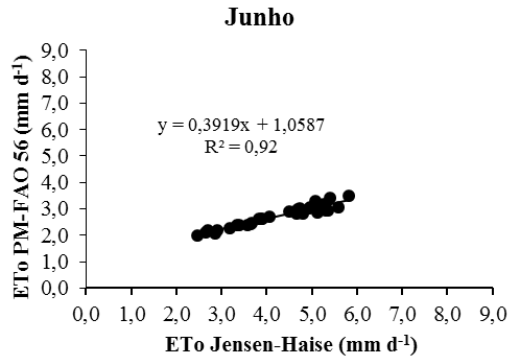
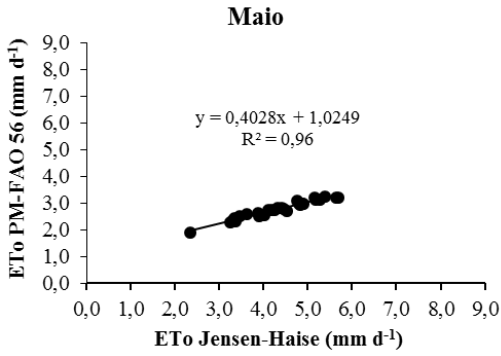


Março



Abril





ETo 2011

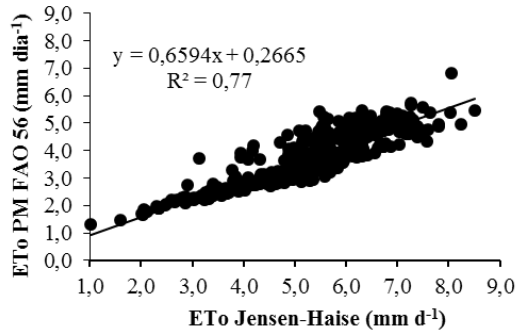
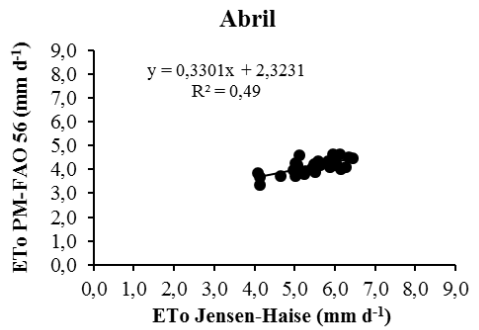
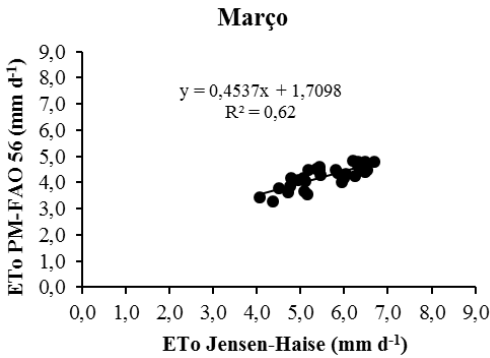
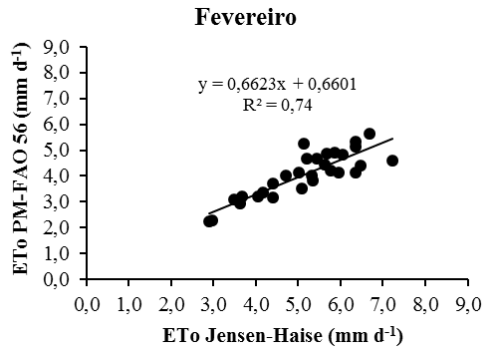
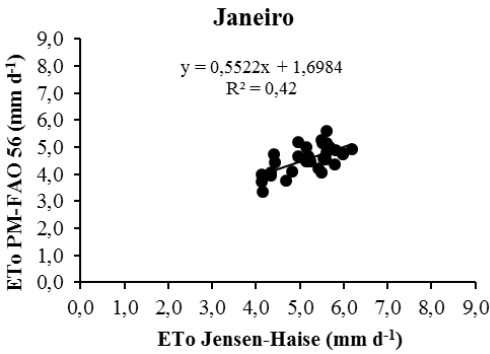
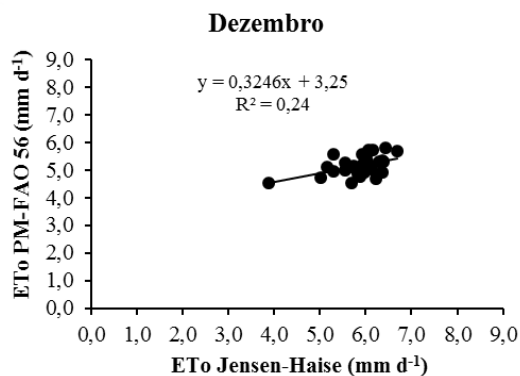
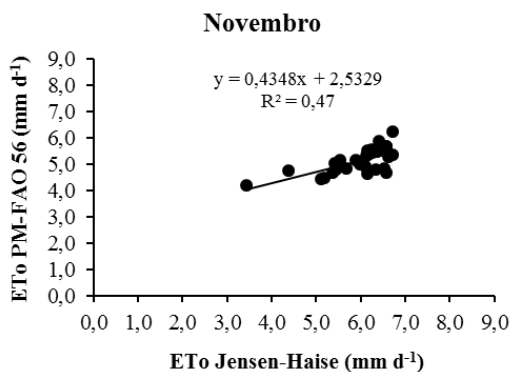
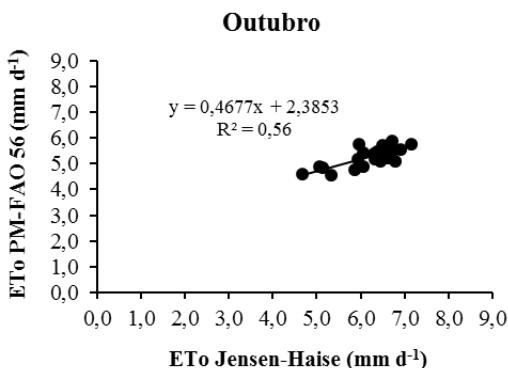
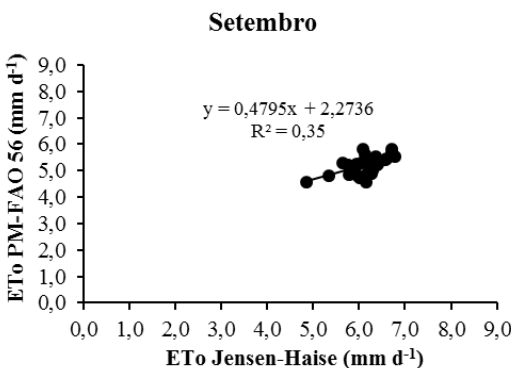
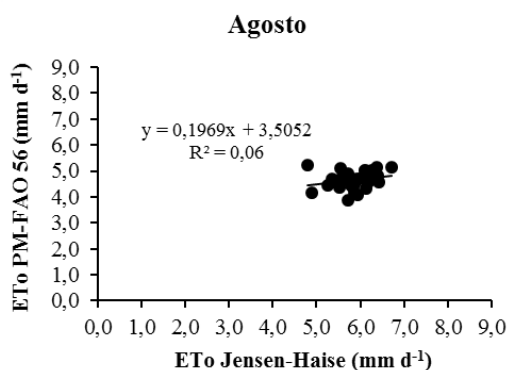
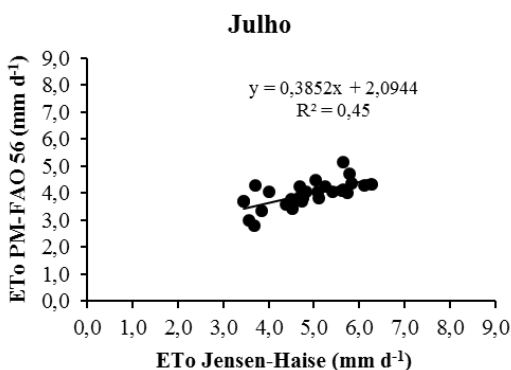
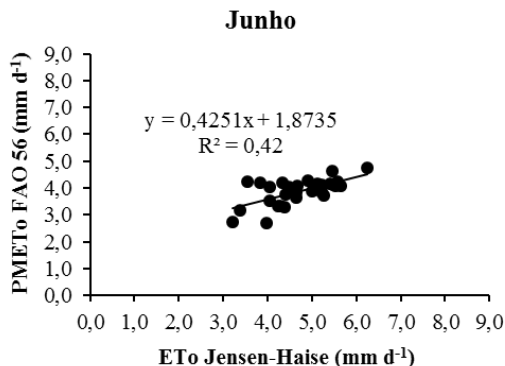
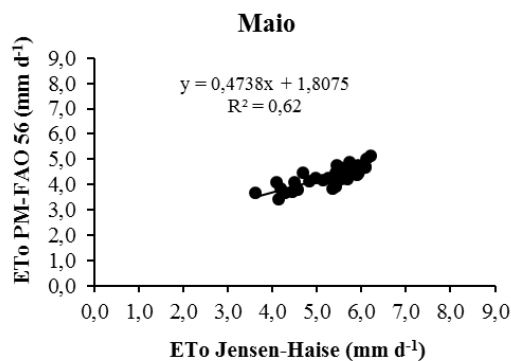


Figura 2. Relação entre a evapotranspiração de referência mensal e anual estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 e Jensen-Haise para o ano de 2011.





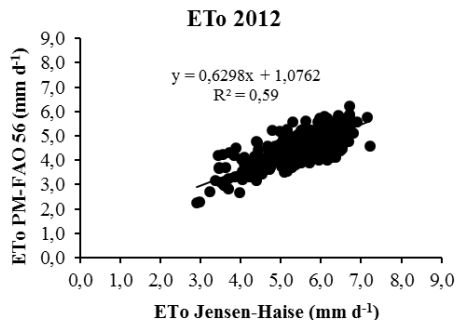


Figura 3. Relação entre a evapotranspiração de referência mensal e anual estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 e Jensen-Haise para o ano de 2012.

4 | CONCLUSÕES

Para a condição semiárida, independente da precipitação anual, o método de Jensen-Haise superestima a evapotranspiração de referência quando comparado ao método padrão.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Richard G.; PEREIRA, Luis Santos.; RAES, Dirk; SMITH, Martin. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

BRIXNER, Gabriel Franke; SCHOFFEL, Edgar Ricardo and TONIETTO, Jorge. Determinação da evapotranspiração por diferentes métodos e sua aplicação no índice de seca na campanha gaúcha, Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 36, n. 4, p. 780-793, 2014.

CAMARGO, Ângelo Paes.; SENTELHAS, Paulo Cesar. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 5, n. 1. p. 89-97, 1997.

CARMO FILHO, Francisco do; ESPÍNOLA SOBRINHO, José; MAIA NETO, Jorge Moreira. Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1988 a dezembro de 1990). Mossoró: ESAM, 1991. v. 4, 470 p.

CAVALCANTE JÚNIOR, Edmilson Gomes; OLIVEIRA, Alexsandra Duarte; ALMEIDA, Bruno Marçal; ESPÍNOLA SOBRINHO, José. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordestino. Seminário: Ciências Agrárias, v. 32, suplemento 1, p. 1699-1708, 2011. DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32Suplp1699

FIETZ, Carlos Ricardo; SILVA, Fabiano Chaves da.; URCHEI, Mario Artemio. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para a região de Dourados, MS. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 13, n. 2, p. 225-250, 2005.

JENSEN, Marvin Eli.; HAISE, Howard Ross. Estimating evapotranspiration from solar radiation. Journal of the Irrigation and Drainage Division-ASCE, v. 4, n. 1, p. 15-41, 1963.

MEDEIROS, Patrick Valverde. Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de nove equações empíricas- teóricas com base na equação de Penman-Monteith. 2008. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA, Donizete Reis; YANAGI, Sílvia de Nazaré Monteiro; MELLO, Carlos Rogério de; SILVA, Antônio Marciano; SILVA, Lucas Alves. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira-MG. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2.488-2.493, 2009.

CORREÇÃO DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO O SUPLEMENTO SOLVER DA MICROSOFT EXCEL

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 06/07/2020

Thaís Rayane Gomes da Silva

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/0121048080631433>

Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior

UNESP

Jaboticabal – SP

<http://lattes.cnpq.br/7949757920964231>

Rony de Holanda Costa

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/8845796957672582>

Laylton de Albuquerque Santos

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/6703479105284134>

Samuel Barbosa Tavares dos Santos

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/6814000166503763>

RESUMO: Objetivou-se corrigir a equação de Hargreaves-Samani para estimativa de Evapotranspiração de Referência utilizando o suplemento Solver da Microsoft Excel. Os dados de ETo utilizados foram da cidade de Arapiraca – AL, no período de março de 2008 a dezembro de 2011. Obteve-se os parâmetros empíricos a (0,0023), b (0,5) e c (17,8) onde foram utilizados

no suplemento Solver da Microsoft Excel. A correlação entre a equação de Hargreaves-Samani corrigida com a equação de Penman-Monteith apresentaram os seguintes parâmetros: a (0,00325), b (0,65711) e c (-1,63956). Com isso, é necessária a correção da equação de Hargreaves-Samani para ajustar as estimativas de Evapotranspiração de Referência de acordo com os dados climatológicos disponíveis na região estudada.

PALAVRAS-CHAVE: ETo, Penman-Monteith, variável.

CORRECTION OF THE HARGREAVES-SAMANI EQUATION FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE USING THE MICROSOFT EXCEL SOLVER SUPPLEMENT

ABSTRACT: The objective was to correct the Hargreaves-Samani equation for estimation of reference evapotranspiration using the Microsoft Excel Solver supplement. The ETo data used were from the city of Arapiraca - AL, from March 2008 to December 2011. The empirical parameters were obtained at (0.0023), b (0.5) and (17.8) where were used in the Microsoft Excel Solver add-in. The correlation between the Hargreaves-Samani equation corrected with the Penman-Monteith equation presented the following parameters: a (0.00325), b (0.65711) and c (-1.63956). Thus, it is necessary to correct the Hargreaves-Samani equation to adjust the reference evapotranspiration estimates according to the climatological data available in the studied region.

KEYWORDS: ETo, Penman-Monteith, variable.

1 | INTRODUÇÃO

As equações de estimativa da ETo são baseadas em dados meteorológicos. Algumas são de fácil aplicação, enquanto outras são mais complexas. O método Penman-Monteith FAO 56 foi adotado como o método padrão para estimativa da ETo por ser o mais completo, pois necessita obter dados de temperatura, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento (ALLEN, 1998).

A literatura apresenta uma grande variedade de métodos alternativos de estimativa da ETo que utilizam apenas dados de temperatura. Um exemplo é o método de Hargreaves e Samani (1985), este método é sugerido por Allen et al. (1998) como método alternativo quando apenas dados de temperatura estiverem disponíveis.

As estimativas imprecisas da ETo podem levar ao uso ineficiente da água, modelos inadequadamente calibrados e a estimativas não confiáveis de recarga de água subterrânea. Allen et al. (1998) enfatizaram a necessidade de calibração local do método, que apresenta a tendência de superestimar a ETo em climas úmidos e de subestimar em regiões com velocidade do vento alta.

Na literatura, há diversas formas de calibração do método Hargreaves-Samani, sendo que sua eficiência varia com a região e o método de calibração (RAVAZZANI et al., 2012). A correção da equação de Hargreaves-Samani foi dada por meio do Solver.

O Solver é um suplemento do Microsoft Excel utilizado para teste de hipóteses. É usado para encontrar um valor ideal (máximo ou mínimo) para uma fórmula em uma célula, conforme restrições ou limites, sobre os valores de outras células de fórmula em uma planilha. O Solver trabalha com um grupo de células, chamadas variáveis de decisão ou simplesmente de células variáveis, usadas no cálculo das fórmulas nas células de objetivo e de restrição. O Solver ajusta os valores nas células variáveis de decisão para satisfazer aos limites sobre células de restrição e produzir o resultado que você deseja para a célula objetiva (MICROSOFT, 2017).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi corrigir e avaliar o método Hargreaves-Samani para estimativa de Evapotranspiração de Referência utilizando o suplemento Solver da Microsoft Excel.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados para calcular a ETo foram da cidade de Arapiraca – AL, no período de março de 2008 a dezembro de 2011. Foram utilizados os seguintes dados: temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), umidade relativa máxima (UR max), umidade relativa mínima (UR min), umidade relativa média (UR med), valores de vento e Rs. Além desses valores, foram adicionados a planilha a data (dd/mm/aaaa) e número de dias julianos (DJ). A latitude de -9,80417 e a altitude de 241 m.

Foram utilizadas as equações de Penman-Monteith (P-M) e Hargreaves-Samani (H-S). Para H-S obteve-se a equação corrigida e a equação não corrigida. A estimativa da evapotranspiração diária pelo método padrão FAO Penman-Monteith, foi estimada pela Equação 1 (ALLEN et al., 1998):

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{(R_n - G)}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{900}{T + 273,15} U_2$$

Hargreaves e Samani (1985) propuseram a seguinte equação para estimativa da ET_o , Equação 2:

$$ET_o = 0,0023 \times R_a \times (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,5} \cdot (T_{\text{méd}} + 17,8)$$

Com a correção da equação, obteve-se: a (0,00325), b (0,65711) e c (-1,63956).

Desta forma, tem-se a equação de H-S corrigida, Equação 3:

$$ET_o = 0,00325 \times R_a \times (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})^{0,65711} \cdot (T_{\text{méd}} - 1,63956)$$

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Figura 1, o método de evapotranspiração de referência (ET_o) de Hargreaves-Samani (H-S) superestima os valores encontrados por Hargreaves-Samani não corrigida, de janeiro até abril e de setembro até dezembro. Este método apresenta valores próximos ao de P-M. E P-M superestima H-S não corrigido de janeiro até abril e de julho até dezembro.

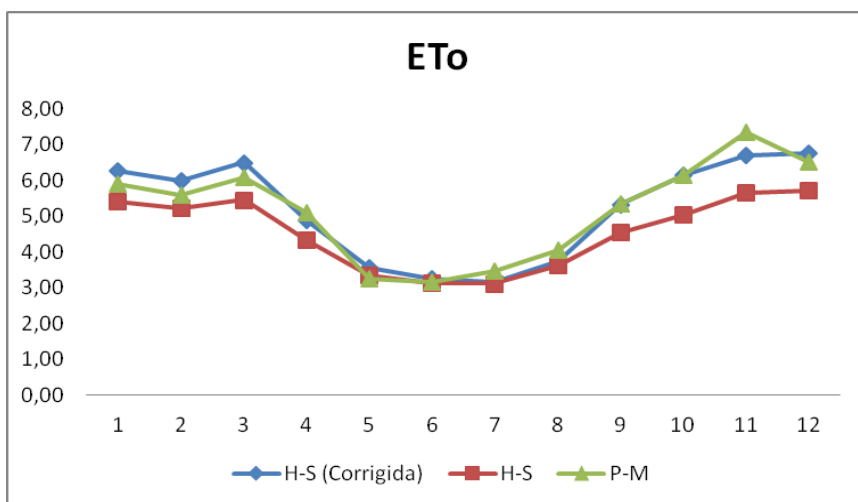


Figura 1. Evapotranspiração de Referência (ET_o) em função de diferentes métodos.

Observa-se que para o método P-M, os valores extremos da ETo máxima foi de 7,35 mm d⁻¹ e da ETo mínima foi de 3,14 mm d⁻¹. Para o método H-S a ETo máxima foi de 5,70 mm d⁻¹ e a ETo mínima de 3,11 mm d⁻¹ e para H-S corrigida, os valores extremos da ETo máxima foi de 6,51 mm d⁻¹ e da ETo mínima foi de 3,11 mm d⁻¹.

A figura 2 mostra os modelos de evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (P-M) e Hargreaves-Samani (H-S) corrigido, comparando com a figura 3, que também usa o modelo de P-M e H-S não corrigido, não houve grandes diferenças entre eles quando leva em consideração o R².

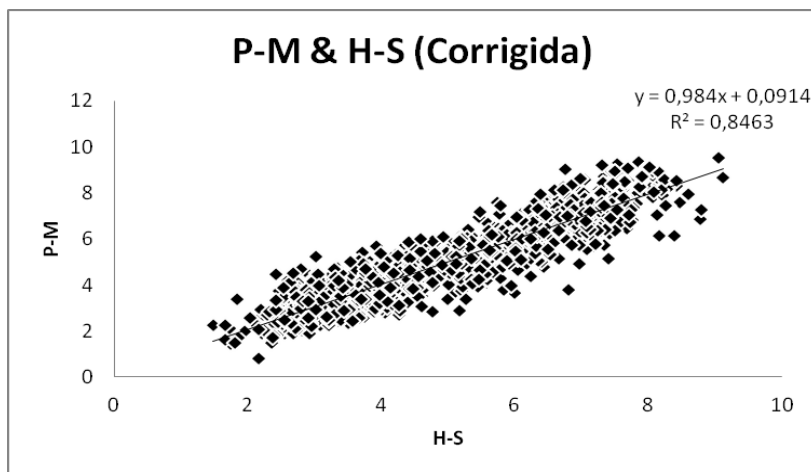


Figura 2: Análise de regressão linear da estimativa de ETo referente aos métodos de P-M e H-S corrigida.

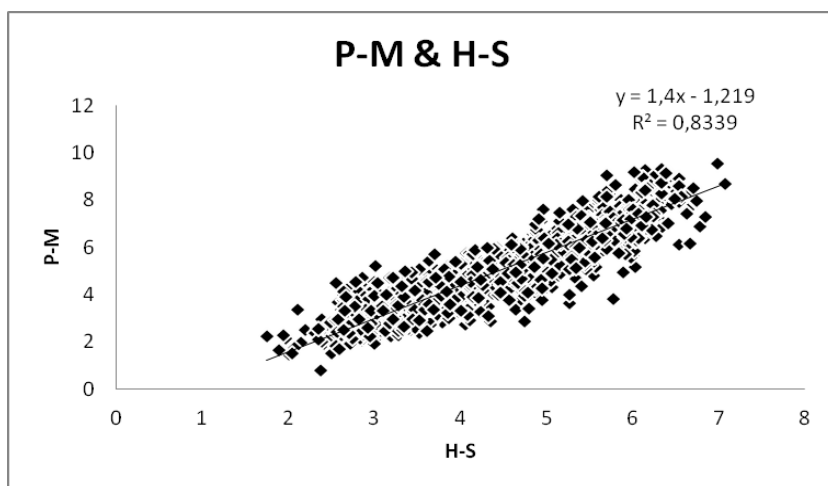


Figura 3. Análise de regressão linear da estimativa de ETo referente aos métodos de P-M e H-S.

Lisboa et al. (2011), analisando o método Hargreaves-Samani sem calibração, obtiveram R^2 igual a 0,84 para a região Norte de MG. Cunha et al. (2013) observaram que o R^2 foi de 0,74 ao avaliarem o método Hargreaves-Samani para Chapadão do Sul, MS.

CONCLUSÕES

A calibração do método Hargreaves-Samani proporciona uma melhoria no desempenho do método para os dados meteorológicos disponíveis na região.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Roma: FAO, 1998.

CUNHA, F. F. da; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. de. **Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS**. Engenharia na Agricultura, v.21, p.159–172, 2013.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. **Reference Crop Evapotranspiration from Temperature**. Applied Engineering in Agriculture, v.1, p.96–99, 1985.

LISBOA, T. M.; BATISTA, C. H.; AQUINO, L. A. de; SILVA, H. R. F. de; MELO, V. L. de; SANTOS JUNIOR, V.C. **Tanque evaporimétrico alternativo e equações para estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte de MG**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada - RBAI, v.5, p.54–62, 2011.

MICROSOFT. **Definir e resolver um problema usando o Solver**. Disponível em:< <https://support.office.com/pt-br/article/Definir-e-resolver-um-problema-usando-o-Solver-5d1a388f-079d-43ac-a7eb-f63e45925040>>. Acesso em: 30 de outubro de 2017.

RAVAZZANI, G.; CORBARI, C.; MORELLA, S.; GIANOLI, P.; MANCINI, M. **Modified Hargreaves-Samani Equation for the Assessment of Reference Evapotranspiration in Alpine River Basins**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.138, p.592–599, 2012. REIS, M. C.; BASSI, A. B. M. S. A segunda lei da termodinâmica. Química Nova, v.35, p.1057–1061, 2012.

CAPÍTULO 10

ANÁLISE DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DO CAPIM-CARRAPICHO (*Cenchrus echinatus* L.) EM FUNÇÃO DA SALINIDADE E TEMPERATURA

Data de aceite: 01/10/2020

Natália Morena Fernandes Soltys

Universidade Estadual do Ceará
Ceará – Fortaleza

<http://lattes.cnpq.br/5287348390619627>

Oriel Herrera Bonilla

Universidade Estadual do Ceará
Ceará- Fortaleza

<http://lattes.cnpq.br/1987220130978704>

Francisca Raiane Machado da Cruz

Universidade Estadual do Ceará
Ceará - Fortaleza

<http://lattes.cnpq.br/0188700205049169>

Sarah Carvalho de Farias

Universidade Estadual do Ceará.
Ceará - Fortaleza

<http://lattes.cnpq.br/4540019798864993>

Joel Wirlo Brasileiro Lima

Universidade Estadual do Ceará
Ceará - Pacatuba

<http://lattes.cnpq.br/5413247835186225>

Jéssica Carvalho Horta

Universidade Estadual do Ceará
Ceará- Fortaleza

<http://lattes.cnpq.br/4582628616995236>

RESUMO: O *Cenchrus echinatus* L também conhecido popularmente como capim-carrapicho ou capim-amoroso, é uma erva daninha que possui crescimento espontâneo em solos halomorficos. Tem-se observado que na região Nordeste, a evaporação potencial excede a precipitação, assim a salinização dos solos ocorre mais intensamente, principalmente em zonas irrigadas onde a drenagem é de baixíssima eficiência, contribuindo para a evolução do processo. Por conta disso, tornou-se necessário analisar a germinação desse capim para entender o seu crescimento em meio salino. O experimento foi organizado num arranjo fatorial 5x2, cinco tratamentos salinos (0,0; 0,5; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹ de condutividade) e 2 temperaturas (25°C e 30°C). Os dados analisados foram, IVG e percentual de germinação. Esses dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias dos dados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Desse modo foi possível observar que à medida que a salinidade aumenta, de acordo com o gradiente das soluções, a velocidade de germinação foi diminuindo, porem a salinidade não impediu a germinação.

PALAVRAS-CHAVE: Erva espontânea, Poaceae, NaCl.

ANALYSIS OF SEED GERMINATION OF CAPIM-CARRAPICHO (*Cenchrus echinatus* L.) IN SALINITY AND TEMPERATURE FUNCTION

ABSTRACT: *Cenchrus echinatus* L. also popularly known as southern sandbur or spiny sandbur, is a weed that spontaneously grows in halomorphic soils. It has been observed that in the Northeast region, potential evaporation exceeds precipitation, thus soil salinization occurs more intensely, especially in irrigated areas where drainage is very low, contributing to the evolution of the process. Because of this, it became necessary to analyze the germination of this grass to understand its growth in saline. The experiment was organized in a 5x2 factorial arrangement, five saline treatments (0.0, 0.5, 2.0, 4.0 and 6.0 dS m⁻¹ conductivity) and two temperatures (25 ° C and 30 ° C). Where the analyzed data were, GSI and germination percentage. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and data averages were compared by Tukey test at 5% probability. Thus, it was observed that as the salinity increases in accordance with the gradient of solutions, the germination rate was decreasing, but the salinity does not prevent germination.

KEYWORDS: Spontaneous Herb, Poaceae, NaCl.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Ribeiro, Ribeiro Filho e Jacomine (2016) existem solos em que os níveis de concentrações de sais são encontrados em elevadas quantidades tornando estes salinos, os quais são encontrados com mais frequência em regiões áridas e semiáridas. Devido as técnicas agrícolas de irrigação, este fator vem se agravando, apresentando assim, uma maior quantidade de solos com essa característica (Lima Junior, 2010).

A salinidade, é um fator que afeta a produtividade em solos agricultáveis, interfere no crescimento das plantas (RIBEIRO *et al.*, 2003), assim como limita a produção agrícola, dificultando dessa forma a produção das culturas, visto que essa salinidade pode até mesmo impedir o desenvolvimento vegetal (BARROS *et al.*, 2009).

O *Cenchrus echinatus* L., popularmente chamado de capim-carrapicho, é frequentemente encontrado em regiões tropicais e subtropicais (KISSMANN, 1997), locais que em geral apresentam solos salinizados devido as condições naturais dessas regiões assim como o manejo incorreto das terras na agricultura local (MIRANDA *et al.*, 2008). São plantas herbáceas anuais e possuem suas sementes envoltas por cariopses de coloração arroxeadas com espinhos, esta espécie pertence à família das Poaceae, mesma família botânica que inclui alguns grãos bastante comercializados a exemplo do trigo (*Triticum aestivum*) e do milho (*Zea mays*) (USDA, 2013).

É uma espécie reconhecida como erva daninha de culturas agrícolas, a exemplo da mandioca (Pinotti, 2010). São habéis competidoras de recursos desses tipos de culturas, onde o seu estabelecimento requer uma maior mão de obra para os trabalhadores o retirarem das áreas agricultáveis (Vasconcelos, 2012).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da espécie (*C. echinatus*) quando submetidas a diferentes concentrações salinas e sob condições laboratoriais, a fim de avaliar seu potencial de germinação e crescimento de plântulas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi executada no Laboratório de Ecologia/Universidade Estadual do Ceará (LABOECO/UECE), em Fortaleza, CE. *Cenchrus echinatus* L. foi a espécie utilizada (Figura 1) durante o experimento, em que o local de coleta da espécie foi o *campus* do Itaperi (3°47'18.3"S 38°33'10.1"W). Foi realizado o beneficiamento das sementes e foram excluídas as danificadas por fatores externos (fungos e/ou insetos). Posteriormente, as sementes foram conservadas em câmaras de refrigeração a $\pm 5^{\circ}\text{C}$ por 50 dias e iniciou-se o experimento. Foram selecionadas 1000 (mil) sementes e estas foram higienizadas em hipoclorito de sódio a 6%, por 10 (dez) minutos, depois lavadas com água destilada.



Figura 1 – Fruto da espécie *Cenchrus echinatus* L.

Foram analisados cinco tratamentos salinos (0,0; 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 dS m^{-1}) em duas temperaturas (25°C e 30°C), em um Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) em arranjo fatorial 5 x 2, com 100 (cem) sementes por tratamento, em quatro repetições de 25 sementes/ tratamento, foram utilizadas placas de Petri (14,5 cm), com dois papéis filtro (12,5 cm), realizando o papel de substrato, em que as sementes foram distribuídas. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de Condutividade Elétrica (CE) nas soluções de irrigação (0,0; 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 dS m^{-1}) para o efeito de salinidade. Seguindo o protocolo proposto por Richard (1980) as soluções salinas foram preparadas com a adição de NaCl em água bidestilada, até atingir os níveis de CE referente aos tratamentos, exceto o tratamento controle (T1 = 0,0 dS m^{-1}). Para medir o efeito da temperatura foram utilizadas duas germinadoras do tipo B.O.D., com temperaturas de 25°C e 30°C, que permaneceram fixas durante o experimento, em que as placas foram distribuídas em fotoperíodo de 12h-12h. Para avaliar o índice de germinação das sementes, ocorreu acompanhamento diário, com irrigação de 7ml, quando necessário, seguindo as Regras de Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

Foi analisado o Índice de Velocidade de Germinação, o IVG, aplicando a fórmula proposta por Maguire (1962). O Percentual de crescimento foi outro fator analisado para o experimento. Para a análise estatística dos 2 fatores utilizados, foi utilizado o software ESTAT (FCAV/UNESP). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias dos dados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados obtidos na análise de variância (ANOVA), a salinidade e a temperatura obtiveram valores significativos no Índice de Velocidade de Germinação (IVG). Porém não obtiveram valores significativos na interação entre esses dois fatores. Ao analisar a Tabela 1, podemos observar que não houve valores significativos para blocos, desse modo é possível inferir que não ocorreria diferença nos resultados se o experimento fosse realizado com um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC)

	Causas de variação			
	G.L	S.Q	Q.M.	F
Concentrações Salinas	4	77,4468	193617	7,9381**
Temperatura	1	103,2016	103,2016	42,3114**
Interação	4	12,3683	3,0921	1,2677 NS
Blocos	3	11,316	3,772	1,5465 NS
Resíduos	27	65,8556	2,4391	-

Tabela 1. Análise de variável sobre o Índice de Velocidade de Germinação

Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade (**); Valores não significativos (NS).

Podemos inferir que, a temperatura interfere, na germinação do carrapicho. Embora, podemos visualizar quando a aumentamos, o seu crescimento torna-se bastante favorecido e mais rápido, o que pode nos levar acreditar que ele seja capaz de crescer em temperaturas mais elevadas. Essa característica, poderia explicar o porquê desse capim ser uma erva daninha em diversas culturas anuais, visto que a temperatura do solo, principalmente na região semiárida, muitas vezes é acima de 30°C (Araújo, 2011).

Ao analisar o IVG, quando aplicado ao teste Tukey em 5% de probabilidade, avaliando suas médias, (figura 2), à medida que aumenta a salinidade, a partir do T2 (7,1), a velocidade de germinação decresce, atingindo 3,68 na T5. Isto mostra que o aumento das salinidades nos níveis utilizados, as sementes ainda possuem potencial para germinar e crescer. Esse tipo de resposta aos tratamentos já foi observado em testes de germinação feitos com trigo (família Poaceae), o qual demonstrou a existência indiretamente proporcional dessa

relação de aumento de salinidade e diminuição da velocidade da germinação, o que pode variar de espécie para espécie (Olivo, 2013).

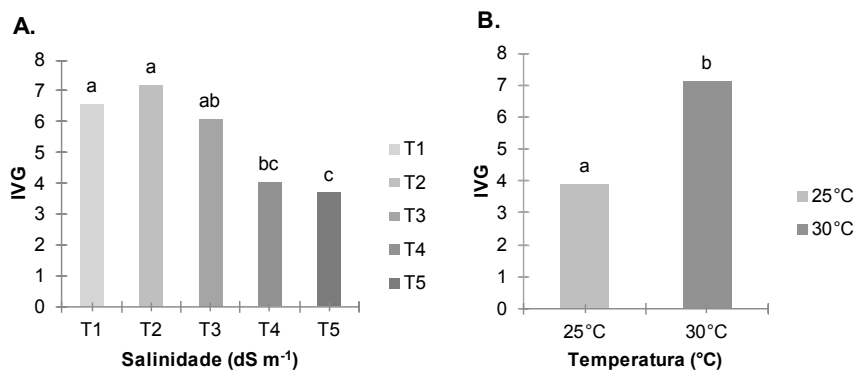


Figura 2 - Índice de velocidade de germinação de sementes de *Cenchrus echinatus* (L.) submetidas a diferentes concentrações de NaCl (T1= 0; T2= 0,5; T3= 2,0; T4= 4,0; T5= 6,0 dS m⁻¹ respectivamente) em duas temperaturas (°C). Letras maiúsculas iguais na mesma salinidade e letras minúsculas iguais na mesma temperatura não diferem entre si em teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Podemos observar na Tabela 2, que o percentual de germinação (PG), nas análises sob os fatores Concentrações Salinas e Temperatura, obteve-se variância com valores significativos, porem não houve significancia para a interação dos mesmos.

	Causas de variação			
	G.L	S.Q	Q.M.	F
Concentrações Salinas	4	6.354	1588,6	10,3355**
Temperatura	1	3.460	3459,6	22,5082**
Interação	4	994,4	248,6	1,6174NS
Blocos	3	606,0	202	1,3142NS
Resíduos	27	4.150	153,7037	-

Tabela 2. Análise de variável de Percentual de Germinação (PG).

Valores significativos ao nível de 5% de probabilidade (**); Valores não significativos (NS).

4 | CONCLUSÕES

Foi observado que apesar do decréscimo da velocidade de germinação de acordo com o aumento do gradiente salino, as sementes não perderam seu potencial de germinação mesmo nas concentrações salinas mais altas, também não houve respostas negativas se consideradas as temperaturas.

REFERÊNCIAS

- Barros, M. de F. C.; Bebé, F. V.; Santos, T. O.; Campos, M. C. C. Influência da aplicação de gesso para correção de um solo salino-sódico cultivado com feijão-caupi. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v.9, p.77-82, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 161 p.
- KISSMANN, K. G. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF, t.1, p.825. 1997.
- LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. **Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos**. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, GO, v. 6, n. 11, p.1-21, out. 2010.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MIRANDA, M.F.A.; PESSOA, L.G.M.; FREIRE, M.B.G.S.; FREIRE, F.J. **CORREÇÃO DE SOLO SALINO-SÓDICO COM SOLUÇÕES DE CLORETO DE CÁLCIO CULTIVADO COM SORGO SUDANENSE**. *Caatinga*, Mossoró, v. 21, n. 5, p.18-25, dez. 2008.
- OLIVO, M. **Germinação e vigor em genótipos de trigo sob estresse salino e déficit hídrico**. 2013. 59 p. Dissertação (Engenharia Agrônoma) — UFPel.
- PINOTTI, E. B. et al. **Levantamento florístico de plantas daninhas na cultura da mandioca no município de Pompeia - SP**. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, [s.l.], v. 6, n. 1, p.120-125, nov. 2010.
- Ribeiro, M. R.; Freire, F. J.; Montenegro, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: **Tópicos em ciência do solo**. v.3. 2003. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.165-208. 2003.
- RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.. Salinidade no solo e na água: Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R. et al (Ed.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. 2. ed. Fortaleza: Inctsal, 2016. Cap. 2. p. 9-16
- RICHARDS, L.A. **Suelos salinos y sódicos**. México: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 1980. 171p.
- USDA - United States Department of Agriculture. Online Database. *Cenchrus echinatus*. Disponível em: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=CEEC>. Acessado em: 23/07/2019
- VASCONCELOS, M. C. C.; SILVA, A. F. A.; LIMA, R. S.. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. *Acsa – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, [s.l.], v. 8, n. 1, p.1-6, mar 2012.

EFEITO SALINO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne

Data de aceite: 01/10/2020

Sandro Ferreira do Nascimento

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza - CE
<http://lattes.cnpq.br/2133937551566444>

Oriel Herrera Bonilla

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/1987220130978704>

José Vagner Rebouças Filho

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/0862250194370133>

Francisca Raiane Machado da Cruz

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/0188700205049169>

Hamanda Brandão Pinheiro

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/2079842383810562>

Joel Wirlo Brasileiro Lima

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Pacatuba – CE
<http://lattes.cnpq.br/5413247835186225>

RESUMO: A *Cryptostegia madagascariensis* é uma espécie arbustiva, natural da ilha de Madagascar no continente africano, foi introduzida no Brasil com fins ornamentais, e vem causando danos ambientais e econômicos, no Nordeste brasileiro, principalmente em carnaubais. O objetivo deste trabalho é analisar o percentual de germinação de sementes de *C. madagascariensis*, quando submetidas a quatro diferentes níveis de salinidade. No teste de germinação 1,000 (mil) sementes foram utilizadas, sendo distribuídas 100 sementes por tratamento, contendo quatro repetições de 25. As placas de Petri foram dispostas em câmaras de germinação do tipo B.O.D reguladas, com foto período 12h/12h e com temperaturas de 25°C e 30°C fixas. Para a simulação de estresse salino, foi utilizado cloreto de sódio (NaCl), diluído em água bidestilada, e a sua condutividade foi medida por condutímetro correspondendo a 0,0 (controle); 6,0; 8,0; 12,0; e 16,0 dS m⁻¹. O percentual de germinação foi superior a 90% nos tratamentos T1 (em ambas as temperaturas), T2 e T3 em 30°C, com uma queda no percentual no tratamento T5 (16 dS m⁻¹), chegando a 0% em 25°C e a 2% em 30°C. O IVG foi reduzido em função do aumento dos níveis de salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: Salinidade, estresse, temperatura.

SALINITY EFFECT ON SEEDS GERMINATION OF *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne

ABSTRACT: *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne is a shrub species, which is natural of the island of Madagascar on the African continent, the species was introduced on Brazil for ornamental purposes, and has been causing environmental and economic damage on the Brazilian Northeast, mostly on carnaúba forest. The objective of this research was to analyze the percentage of germination of *C. madagascariensis* seeds, when submitted to different levels of salinity. In the germination test 1000 (one thousand) seeds were used, being distributed 100 seeds per treatment, with four repetitions of 25. The petri dishes were arranged in germination chambers of type B.O.D regulated, with photoperiod 12h-12h and temperatures of 25°C and 30°C fixed. For salinity stress simulation, sodium chloride (NaCl) was used, diluted in double distilled water, and the conductivity was measured by a conductivity meter corresponding to 0,0 (control); 6,0; 8,0; 12,0; e 16,0 dS m⁻¹. The percentage of germination was superior of 90% on the treatments T1 (on both temperatures), T2 e T3 at 30°C, with a decrease in percentage in the treatment T5 (16 dS m⁻¹), reaching 0% at 25°C and 2% at 30°C. The GSI was reduced due to the increase in salinity level.

KEYWORDS: Salinity, stress, temperatures.

1 | INTRODUÇÃO

A exótica invasora *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne (Figura 1) é uma espécie arbustiva escandente, natural da ilha de Madagascar no continente africano, foi introduzida no Brasil com fins ornamentais, sendo popularmente conhecida como viuvinha, trepadeira, leiteira, unha-do-cão e unha-do-diabo, entre outros nomes (Vieira et al., 2004).

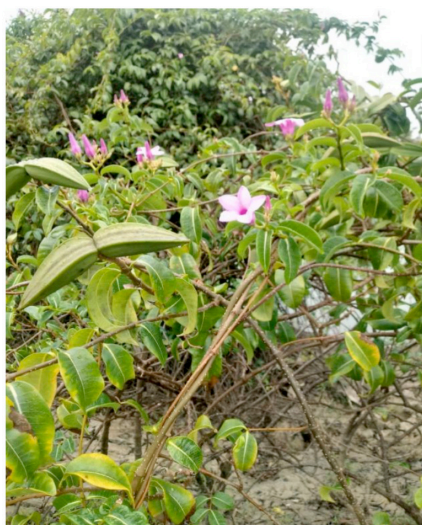


Figura 1 - Frutos e inflorescências de *Cryptostegia madagascariensis* no município de Palhano - CE (04°46'33"S; 38°02'9" W).

Segundo Sousa et al. (2013), a *C. madagascariensis* vem causando danos ambientais e econômicos, no Nordeste brasileiro, principalmente em bosques naturais de carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore), resultando na morte por sombreamento da carnaúba (Figura 1 B), planta socioeconomicamente importante devido sua utilização como matéria prima (cera e o pó de carnaúba).

Devido às características naturais do semiárido nordestino, com a alta incidência solar e má distribuição de chuvas, junto com uma elevada evapotranspiração, dão como resultado uma elevação da salinização dos solos (Souza et al., 2015), em áreas irrigadas e nas margens de rios e açudes, onde encontramos matas ciliares a situação parece ser mais crítica. Estes são geralmente os locais onde ambas plantas crescem espontaneamente. Portanto se faz necessário avaliar o efeito salino no processo de germinação de sementes de *C. madagascariensis*.

A germinação se dá com o ato de embebição por água através dos mecanismos de absorção da semente, reativando seu metabolismo para o surgimento plântulas. (Carvalho et al., 2017).

Diante da importância de conservar espécies nativas e compreender os mecanismos de estabelecimento da planta invasora, o objetivo deste trabalho é analisar o percentual de germinação de *C. madagascariensis*, quando submetidas a diferentes níveis de salinidade e em temperaturas diferentes.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Ecologia da Universidade Estadual do Ceará (LABOECO), localizado no *Campus* Itaperi, Fortaleza-CE. Os frutos com sementes de *C. madagascariensis* foram coletados em diferentes matrizes do município de Aquiraz-CE, nas coordenadas 3°54' S; 38° 23' W, próximo à rodovia CE-40.

Em laboratório os frutos foram abertos com o auxílio de um canivete para retirada das sementes, após a abertura dos frutos as sementes foram beneficiadas, onde as sementes que apresentavam má formação ou danos estruturais foram descartadas. As sementes foram armazenadas em sacos plásticos em uma câmara de refrigeração a $\pm 5^{\circ}\text{C}$, por 30 dias, dando-se início o experimento. As sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 6% durante 10 minutos e posteriormente foram lavadas em água destilada por 10 minutos e dispostas em placas de Petri (14,5 cm), contendo 2 papéis filtro (13 cm) como substrato, sendo umedecidos diariamente e monitoradas de acordo com a Regras de Análises de Sementes (RAS) (Brasil, 2009).

Para a simulação de estresse salino, foi utilizado cloreto de sódio puro (NaCl), diluído em água bidestilada, e a sua condutividade foi medida por condutivímetro correspondendo a 0,0 (controle); 6,0; 8,0; 12,0; e 16,0 dS m^{-1} , seguindo o protocolo proposto por Richards (1980), sendo respectivamente os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5.

No teste de germinação 1,000 (mil) sementes de *C. madagascariensis* foram utilizadas, sendo distribuídas 100 sementes por tratamento, contendo quatro repetições de 25 sementes. As placas de Petri foram dispostas em câmaras de germinação do tipo B.O.D reguladas, com foto período 12h/12h e com temperaturas de 25°C e 30°C fixas. Durante o experimento foram contabilizadas os indivíduos que apresentavam protrusão radicular igual ou superior a 2 mm de comprimento, conferidos com régua graduada. A duração do experimento se deu em 10 dias, sendo finalizado com a estabilização no número de germinação de indivíduos. Foi analisado o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) segundo a fórmula proposta por Maguire (1962), e o percentual de germinação.

O delineamento experimental usado foi o Inteiramente Casualizado (DIC) num arranjo fatorial 5x2 e o teste para comparação de medias foi o de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, aplicando o programa estatístico ESTAT.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plântulas emergidas de *C. madagascariensis*, se desenvolveram, porém algumas interações de temperatura e salinidade foram favoráveis à espécie. O processo de germinação se deu a partir do segundo dia de teste.

O percentual de germinação (Figura 2) foi superior a 90% nos tratamentos T1 (em ambas as temperaturas), T2 e T3 em 30°C, com uma queda significativa no percentual de germinação no tratamento T5 (16,0 dS m⁻¹), chegando a 0% em 25°C e a 2% em 30°C. Os percentuais de germinação indicaram uma melhor adaptação da espécie na temperatura de 30°C.

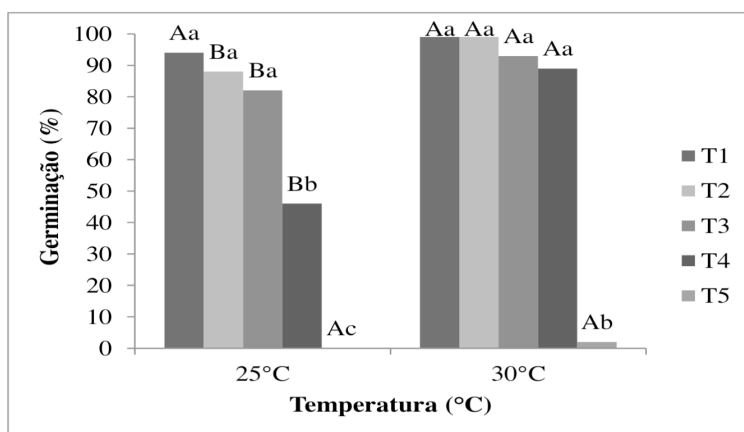


Figura 2 - Percentual de germinação de sementes de *Cryptostegia madagascariensis*, submetidas a diferentes concentrações de NaCl (T1=0,0; T2=6,0; T3=8,0; T4= 12,0 e T5= 16,0 dS m⁻¹) em duas temperaturas (°C). Letras maiúsculas iguais na mesma salinidade e letras

Resultados parecidos foram constatados por Cruz, Andrade e Alves (2016), ao realizar o teste de germinação com a *C. madagascariensis*, encontraram dados similares com a redução acentuada no percentual de germinação na temperatura de 25°C, em função do aumento da salinidade, corroborando com os dados do presente trabalho. Segundos os mesmos autores a germinação de sementes de *C. madagascariensis* é inibida quando expostas a níveis de salinidade de 10,0 dS m⁻¹ na temperatura fixa de 25°C, todavia sua germinação ocorreu com a exposição das sementes aos níveis salinos de 12,0 dS m⁻¹ em 25°C, sendo o percentual de germinação superior a 45%, contrariando os resultados obtidos pelos autores.

O índice de velocidade de germinação de sementes foi melhor nos tratamentos T1 e T2 em ambas as temperaturas, sendo estes os tratamentos com menor concentração salina de 0,0 (controle) e 6,0 dS m⁻¹ respectivamente. O IVG seguiu numa importante redução de valores com o aumento da salinidade, chegando a 0 no tratamento T5 (16,0 dS m⁻¹) na temperatura de 25°C e a 0,09 no mesmo tratamento em 30°C, indicando que altos níveis salinos retardam a germinação de *C. madagascariensis*.

Ao realizar testes com o *Aspidosperma tomentosum* Mart. (família Apocynaceae), os dados encontrados por Oliveira et al. (2011), analisando o índice de velocidade de germinação, as temperaturas de 25°C e 30°C não foram significativas, sendo 3,7 e 3,8 respectivamente, os autores indicam que menores temperaturas são mais favoráveis para o processo de germinação da espécie, diferentemente dos dados aqui encontrado, onde maiores IVGs, foram encontrados em 30°C.

4 | CONCLUSÕES

O Índice de germinação de sementes *C. madagascariensis* é mais afetado pela temperatura do que pela salinidade, onde novos indivíduos surgiram em ambas às temperaturas nos diferentes níveis salinos, indicando a halotolerância da espécie.

Em altas temperaturas, a salinidade pouco influencia na germinação de sementes de *C. madagascariensis*.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**, Brasília, 2009. 161 p.

CARVALHO, J.S.B.; ANDRADE, D.S.; SILVA, V.M.; SILVA, J.F.; SOUZA, F.S. Efeito do estresse salino na germinação de sementes de *Ocimum basilicum* L. **International Refereed Journal Of Scientific Research In Engineering (Irsre)**, Garanhuns, v. 2, n. 4, p.20-23, 01 maio 2017. Disponível em: <<http://irsre.com/Papers/Vol-2-issue-4/D20008.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2019.

CRUZ, F.R.S; ANDRADE, L.A; ALVES, E.U. ESTRESSE SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. *Ciência Florestal*, [s.l.], v. 26, n. 4, p.1189-1199, 28 dez. 2016. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509825110>.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid inselection and evaluation of seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

OLIVEIRA, A.K.M.; RIBEIRO, J.W.F.; PEREIRA, K.C.L.; SILVA, C.A.A. Germinação de sementes de *Aspidosperma tomentosum* Mart. (Apocynaceae) em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Biociências**, Campo Grande, v. 9, n. 3, p.392-397, 29 abr. 2011. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1857>>. Acesso em: 06 maio 2019.

RICHARDS, L. A. **Suelos salinos y sodicos**.México: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 1980. 171 p.

SOUSA, L.A.; GUIMARÃES, L.L.; REIS, A.T.; COSTA, I.S.C.; ARAÚJO, J.P.; DIAS, F.Y.E.C.; MONTEIRO, C.C.; BONILLA, O.H. (2013) Crescimento da fito invasora *Cryptostegia madagascariensis* submetida a estresse salino. Recife: **I CONICBIO, II CONABIO, VI SIMCBIO**. Volume 2. 11 p. Disponível em: <<http://www.unicap.br/simcbio/wp-content/uploads/2014/09/CRESCIMENTO-DA-FITO-INVASORA-Cryptostegia-madagascariensis-SUBMETIDA-A-ESTRESSE-SALINO.pdf>> Acesso em 03 de maio 2019.

SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B.; SEDIYAMA, G.C.; SILVA, T.G.F. Balanço de energia e controle biofísico da evapotranspiração na Caatinga em condições de seca intensa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 50, n. 8, p.627-636, ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2015000800001>.

VIEIRA, M.F.; LEITE, M.S.O.; GROSSI, J.A.S.; ALVARENGA, E.M. Biologia reprodutiva de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. (Periplocoideae, Apocynaceae), espécie ornamental e exótica no Brasil. **Bragantia**, [s.l.], v. 63, n. 3, p.325-334, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052004000300002>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052004000300002>. Acesso em: 02 maio 2019.

EXIGÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA A SALINIDADE

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 21/07/2020

Raquete Mendes de Lira

UFRPE – UAST, Departamento de agronomia
Serra Talhada, Pernambuco.
<http://lattes.cnpq.br/7303795378184706>

Ênio Farias de França e Silva

UFRPE-SEDE, Departamento de Engenharia
Agrícola;
Recife, Pernambuco;
<http://lattes.cnpq.br/1144266495720148>

Alexandre Nascimento dos Santos

Instituto Federal de Alagoas (IFAL);
Maragogi, Alagoas;
<http://lattes.cnpq.br/8747310654014392>

Edimir Xavier Leal Ferraz

UFRPE – UAST, Departamento de agronomia
Serra Talhada, Pernambuco.
<http://lattes.cnpq.br/4140585632598194>

Adiel Felipe da Silva Cruz

UFRPE-SEDE, Departamento de Engenharia
Agrícola;
Recife, Pernambuco;
<http://lattes.cnpq.br/0941052205266031>

Antônio Henrique Cardoso do Nascimento

UFRPE – UAST, Departamento de agronomia
Serra Talhada, Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/5216997634308364>

José Edson Florentino de Morais

UFRPE-SEDE, Departamento de Engenharia
Agrícola;
Recife, Pernambuco;
<http://lattes.cnpq.br/8017999033568099>

RESUMO: Objetivou-se avaliar a necessidade nutricional dos macronutrientes na cana-de-açúcar irrigada com águas de diferentes salinidades. Realizou-se um experimento em lisímetros de drenagem na UFRPE, campus de Recife, onde utilizou-se cinco níveis de salinidades da água de irrigação (0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 dS m⁻¹) com quatro repetições, obtidas com a adição de NaCl e CaCl₂ à água de abastecimento local, a exceção da testemunha que não recebeu sais em sua composição química. Utilizou-se seis rebolos com duas gemas por lisímetro com a variedade RB86 7515. Iniciou-se a aplicação dos tratamentos aos sessenta dias após o plantio (DAP) e aos 360 DAP efetuou-se a colheita. A exigência nutricional foi estimada dividindo-se a quantidade total de cada nutriente extraído da parte aérea da planta pela produção de colmos. Observou-se que a maior exigência nutricional foi obtida quando se utilizou água para irrigação com o menor nível salino. A salinidade da água de irrigação influenciou negativamente o estado nutricional da cana, exceto para o Cálcio.

PALAVRAS-CHAVE: Saccharum spp., águas salobras, macronutrientes, agricultura irrigada.

NUTRITIONAL REQUIREMENT AND PRODUCTIVITY OF SUGARCANE SUBMITTED TO SALINITY

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the nutritional needs of macronutrients in sugarcane irrigated with water of different salinity. An experiment was performed on drainage lysimeters at UFRPE, campus of Recife, where five levels of irrigation water salinity (0.5, 2.0, 3.5, 5.0 and 6.5 dS m⁻¹) were used with four

replications, obtained with the addition of NaCl and CaCl₂ to local water supply, except for the witness who did not receive salts in their chemical composition. Six sets with two buds per lysimeter with the variety RB 867515. The treatments were started at sixty days after planting (DAP) and at 360 DAP harvested. Nutritional requirement was estimated by dividing the total amount of each nutrient extracted from the aerial part of the plant by the stem production. It was observed that the highest nutritional requirement was obtained when using irrigation water with the lowest saline level. Irrigation water salinity negatively influenced nutritional status of sugarcane, except for calcium.

KEYWORDS: Saccharum spp., Brackish waters, macronutrients, irrigated agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

A cana-de açúcar é uma cultura de grande importância econômica, sendo o Brasil o maior produtor, destinando grande parte de sua produção para o setor sucroalcooleiro (CONAB, 2019). Uma parcela dessa produção está concentrada no litoral de Pernambuco, que devido a proximidade das áreas costeiras e a intensa exploração dos aquíferos, a água utilizada pode apresentar condutividade elétrica elevada podendo chegar a ser considerada salina (Custódio, 2010).

Devido a utilização deste tipo de água, podem ocorrer desordens nutricionais, que acabam afetando no rendimento da cultura. Isso ocorre, pois, a presença de alguns sais em altas concentração nos solos, acabam inibindo a absorção dos demais elementos que são essenciais para o desenvolvimento da cultura. Um exemplo disso, é o caso do incremento de NaCl na solução do solo prejudicando a absorção de K e Ca (Schossler et al, 2012).

Com a deficiência de minerais essenciais as plantas não conseguem se desenvolver de forma adequada, assim sendo, é importante atenção na necessidade de reposição destes nutrientes, para isso é necessário saber as demandas nutricionais das plantas em diferentes condições para ter um melhor estudo na adubação.

Nesse sentido, como a cana-de açúcar é uma cultura que busca altas produtividades e existem poucos trabalhos desta planta relacionadas a nutrição sob condições salinas, esse trabalho objetivou-se evidenciar as exigências minerais e a produtividade da cana-de-açúcar submetida a diferentes níveis de salinidade.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Campus Recife. A área experimental era composta por 40 lisímetros de drenagem, porém, neste estudo utilizou-se apenas 20, com delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições e cinco níveis salinos. Os cinco níveis de salinidade da água de irrigação foram: T1=0,5; T2=2,0; T3=3,5; T4=5,0 e T5=6,5 dS m⁻¹, obtidos com a adição de NaCl e CaCl₂ à água de abastecimento local, no qual, T1 foi a testemunha, sem adição de sais na água de abastecimento.

Utilizou-se em cada lisímetro, seis rebolos de cana-de-açúcar, com duas gemas cada, sendo a variedade RB86 7515. Aos 60 dias após o plantio (DAP) foi iniciada a aplicação dos tratamentos que até então, as plantas recebiam quatro milímetros de água de abastecimento por lisímetro a cada dois dias. Daí a irrigação passou a ser realizada diariamente de acordo com a evapotranspiração da cultura (ETc), calculada através da multiplicação da evapotranspiração de referência (ETo) pelo coeficiente de cultivo (kc). A ETo foi obtida de acordo com os dados climáticos de uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, CR1000/CFM100/OS100) situada na área, que fornecia o resultado utilizando a equação de Penman Monteith. O kc utilizado foi correspondente a fase fenológica em que as plantas se encontravam, de acordo com a Organização da Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO.

Empregou-se sistema de irrigação por gotejamento, com quatro emissores autocompensantes por lisímetro, espaçados 0,30 m com vazão média aferida em campo de 4,2 L h⁻¹ por emissor. A colheita das plantas foi realizada aos 360 DAP. Por ocasião da colheita, as plantas foram separadas em colmo, ponteiro e folhas, sendo o ponteiro constituído do cartucho e da folha +1 (primeiro colarinho visível). As folhas, considerou-se apenas as verdes, ou seja, folha totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde, contada a partir da folha +1, sendo considerado folha + bainha. Após a retirada do ponteiro e das folhas, o restante foi considerado colmo.

Os colmos, ponteiro e folhas, depois de separados, foram pesados, sendo o resultado de colmos utilizado para o cálculo da produtividade em toneladas de colmo por hectare (TCH). Para a determinação de TCH multiplicou-se a massa fresca obtida pela área: em 1,38 m (comprimento linear do lisímetro) por 1,20 m (espaçamento entre as linhas utilizado na cultura).

As amostras de material vegetal fresco foram trituradas em forrageira industrial, em seguida, coletou-se sub-amostras úmidas de colmos e, ponteiro + folhas, que foram posteriormente submetidas á secagem em estufa circulação de ar forçado a temperatura de 65 °C até obtenção de peso constante para aquisição das respectivas massas secas. Posteriormente foram processadas em moinho do tipo Willey e a partir destas, quantificou-se os teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, e encontrou-se a extração e exportação desses macronutrientes.

A extração avaliados pela parte aérea das plantas foi calculada somando-se o produto da massa seca pela concentração do respectivo macronutriente contido em cada componente (colmo e, ponteiro + folhas) de acordo com os procedimentos metodológicos propostos por Bezerra Neto e Barreto (2011). A exportação de cada macronutrientes pelas plantas foi considerada como sendo a extração de cada um desses macronutrientes pelo colmo da cultura.

A exigência nutricional foi estimada dividindo-se a extração total de nutrientes na parte aérea pela produção de colmos. Os dados foram submetidos à análise de variância

com aplicação do teste F ($p < 0,05$ e $< 0,01$) e regressão, utilizando-se o programa estatístico sisvar.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, verificou-se uma redução linear em função do aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), ou seja, a maior exigência nutricional de todos os nutrientes foi obtida quando se utilizou água para irrigação com o menor nível salino T1=0,5 dS m⁻¹, e a medida em que a salinidade aumentou, estes resultados diminuíram, a exceção do nutriente Ca, o qual teve seus dados ajustados ao modelo quadrático sendo verificado que ao se aumentar a CEa existiu um incremento deste nutriente ao se utilizar água salina de até T3=3,5 dS m⁻¹ e menores médias nos maiores níveis salinos.

Sal. (dS m ⁻¹)	TCH	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----kg t ⁻¹ -----						
0,5	114,55	1,4	0,18	1,9	1,41	0,77	0,26
2,0	110,41	1,18	0,13	1,7	1,48	0,59	0,24
3,5	100,28	0,96	0,09	1,6	1,55	0,59	0,23
5,0	92,49	0,84	0,08	1,5	1,45	0,46	0,19
6,5	81,73	0,64	0,06	1,3	1,30	0,38	0,18
CV	11,98	17,38	25,78	12,70	11,43	21,72	17,11
Eq. Regr.	$y=119,39-5,569x$	$y=1,40-0,137x$	$y=0,18-0,019x$	$y=1,98-0,100x$	$y=1,30+0,166x-0,20x^2$	$y=0,77-0,06x$	$y=0,27-0,014x$
R ²	0,98**	0,96**	0,94**	0,96**	0,83*	0,92**	0,96**

Tabela 1. Tonelada de colmos por hectare (TCH) e exigência nutricional da cana-de-açúcar irrigada com água salina para produção de uma tonelada de colmo

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo.

O nutriente K foi o que apresentou maior exigência nutricional para todos os níveis de salinidade da água analisados, sendo encontrado no maior nível salino T5=6,5 dS m⁻¹ uma exigência nutricional semelhante ao achado para o Ca. A necessidade nutricional para produção de uma TCH também variou em função dos níveis de salinidade da água de irrigação utilizados, seguindo a mesma tendência, ou seja, menores resultados nos maiores níveis salinos.

O fato da extração do K e Ca exigido para a produção de uma TCH ter sido maior do que qualquer outro nutriente em todos os níveis salinos é devido o mesmo apresentar uma maior concentração na planta. Além disso, a diminuição da exigência nutricional ocorreu devido a diminuição da produção de TCH em função do aumento da salinidade,

devido menores concentrações na extração pela planta dos macronutrientes exigidos. Essa diminuição nos teores dos nutrientes podem ter ocorrido devido a competição dos nutrientes na absorção pela raiz, como é o caso do Ca e K, que em maiores concentração de Na é inibido, principalmente, quando a relação destes nutrientes com o Na é maior que a limiar da cultura Janzen & Chang (1987).

A demanda por P na presente pesquisa foi menor do que àquelas constatadas para os demais nutrientes, com resultados superiores ao exigido pela mesma cultivar RB 867515 no experimento de Oliveira et al. (2010), a qual apresentou uma necessidade de P de 0,10 kg ton⁻¹ de colmo.

Ao analisar o tratamento testemunha quanto a exigência de Ca em kg para uma tonelada de colmo verifica-se valor um pouco superior para essa exigência (1,41 kg ton⁻¹) quando comparado ao experimento de Oliveira et al. (2010) no qual, encontrou uma necessidade de 1,28 kg ton⁻¹ para mesma cultivar. Para o Mg os citados autores também encontraram uma menor exigência na ordem de 0,48 kg ton⁻¹ enquanto no presente experimento ao utilizar água com CEa de 0,5 dS m⁻¹ foi encontrado uma exigência de 0,77 kg ton⁻¹ de colmo, corroborando assim os resultados encontrados por Tasso Júnior et al. (2007) os quais constaram uma exigência em Mg de 0,79 kg ton⁻¹ ao estudar a cultivar SP89 1115.

Os resultados de exigência de S para produção de uma TCH na presente pesquisa para a testemunha, corroboraram os resultados encontrados por Franco et al. (2008) na cultivar SP81 3250, já na pesquisa de Tasso Júnior et al. (2007) das cinco cultivares estudadas apenas a IAC91 2195 foi a que apresentou uma exigência de S (0,27 kg ton⁻¹) próxima a da presente pesquisa (0,26 kg ton⁻¹).

4 | CONCLUSÕES

À exceção do Ca, a exigência nutricional da cultura da cana-de-açúcar foi afetada negativamente pelo aumento da salinidade da água de irrigação. O nutriente K foi o que apresentou uma maior exigência nutricional para todos os níveis de salinidade da água analisados

REFERÊNCIAS

Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em plantas**. Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, 2011. 267 p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. 2017. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília, Primeiro levantamento. 62 p.

Custódio, E. 2010. **Coastal aquifers of Europe: an overview**. Hydrogeology Journal 18, 269–280.

Franco, H. C. J.; Cantarella, H.; Trivelin, P. C. O.; Vitti, A. C.; Otto, R.; Faroni, C. E.; Sartori, R. H.; Trivelin, M. O. 2008. **Acúmulo de Nutrientes pela Cana-Planta**. STAB. Tecnologia/Pesquisa 26, 41-45.

Jazen, H.H., Chang, C. **Cation nutrition of barley as influenced by soil solution composition in a saline soil**. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa v. 67, p.619-629. 1987.

Oliveira, E. C. A.; Freire, F. J.; Oliveira, R. I.; Santos, M. B. G.; Simões Neto, D. E.; Silva, S. A. M. 2010. **Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 34, 1343-1352.

Schossler, T. R.; Machado, D. M.; Zuffo, A. M.; Andrade, F. R.; Piauilino, A. C. 2012. **Salinidade: Efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas**. Enciclopédia Biosfera 8, 1563-1578.

Tasso Junior, L. C.; Marques, M. O.; Camilotti, F.; Silva, T. 2007. **Extração de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região Centro-Norte do estado de São Paulo**. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos 25, 38-42.

CAPÍTULO 13

EFEITO DA SALINIDADE NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Macroptilium lathyroides* (L.) URB

Data de aceite: 01/10/2020

Ivina Beatriz Menezes Farias

Universidade Estadual do Ceará
Ceará - Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/9880012685394115>

Oriel Herrera Bonilla

Universidade Estadual do Ceará
Ceará- Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/1987220130978704>

Natália Morena Fernandes Soltys

Universidade Estadual do Ceará
Ceará – Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/5287348390619627>

Francisca Renata Alves de Lima

Universidade Estadual do Ceará
Ceará- Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/8872392102696324>

Sarah Carvalho de Farias

Universidade Estadual do Ceará.
Ceará - Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/9033155555489655>

Cicero Matheus Borges Lucena

Universidade Estadual do Ceará
Ceará - Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/4540019798864993>

RESUMO: Halófitas são plantas capazes de metabolizar o sal presente em solos e estão sendo muito utilizadas como medida de recuperação de solos degradados pela salinidade. A *Macroptilium lathyroides* é uma planta capaz de adaptar-se a esse tipo de solo, onde pode ser utilizada nesse processo de recuperação de solos salinizados. Então objetivou-se com esta pesquisa, avaliar a taxa de germinação e crescimento de plântulas de *M. lathyroides* sob o efeito de soluções salinas de concentrações crescentes de NaCl. Para germinação foram avaliados cinco tratamentos (0,0; 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 dS m⁻¹) em duas temperaturas (25°C e 30°C), com fotoperíodo de 12h-12h, disposto em Delineamento Inteiramente Casualizado em arranjo fatorial 5x2, com 100 sementes por tratamento, em quatro repetições de 25 sementes/tratamento. Já para análise de crescimento o experimento seguiu um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), organizado em um arranjo fatorial 6x2, 6 tratamentos, sendo T0 (controle – água de abastecimento público), T1 (Solução nutritiva segundo protocolo de Breckle) T2 a T5 (Solução nutritiva + respectiva concentração salina 10, 20, 30 e 40 mM de NaCl) em 2 substratos (vermiculita ou areia) cada tratamento com 8 repetições. As plantas foram cultivadas por um período de 44 dias em vasos de polietileno, onde foram mensurados os pesos, ao início e ao final do experimento, para o cálculo de TCA e TCR. Os resultados em percentual de germinação mostram que T3 (2,0 dS m⁻¹) e T5 (6,0 dS m⁻¹), em 25°C e 30°C respectivamente, apresentam 65% de PG. O Índice de velocidade de germinação nos tratamentos T1 e T2 apresentaram os melhores

valores do experimento em 30°C. Os maiores resultados de crescimento foram observados no substrato areia na concentração de 40mM e 30mM.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão-de-rolinha, NaCl; Halotolerante, TCA; TCR.

SALINITY EFFECT ON GERMINATION AND GROWTH OF SEEDLINGS OF *Macroptilium lathyroides* (L.) URB.

ABSTRACT: Halophytes plants are capable of metabolizing salt in soils and are being widely used as a recovery measure of salinity degraded soils. *Macroptilium lathyroides* is a plant that can adapt to this type of soil, which can be used in this recovery process of salinized soils. Then the objective of this research was to evaluate the germination rate and seedling growth of *M. lathyroides* under the effect of saline solutions of increasing NaCl concentrations. For the germination experiment, five treatments (0.0, 0.5, 2.0, 4.0, 6.0 dS m⁻¹) were evaluated at two temperatures (25 ° C and 30 ° C), with a photoperiod of 12h-12h, arranged in a completely randomized design in a 5x2 factorial arrangement, with 100 seeds per treatment, in four repetitions of 25 seeds / treatment. For growth analysis, the experiment followed a completely randomized experimental design (CRD), organized in a 6x2 factorial arrangement, 6 treatments, T0 (control - public water supply), T1 (Nutritional solution according to Breckle protocol) T2 to T5 (Nutritional solution + respective saline concentration 10, 20, 30 and 40 mM NaCl) on 2 substrates (vermiculite or sand) each treatment with 8 repetitions. The plants were cultivated for a period of 44 days in polyethylene pots, where the weights at the beginning and end of the experiment were measured for the calculation of AGR and RGR. The results in percentage of germination show that T3 (2.0 dS m⁻¹) and T5 (6.0 dS m⁻¹), at 25 ° C and 30 ° C respectively, present 65% of PG. The germination speed index in the T1 and T2 treatments showed the best values of the experiment at 30 ° C. The greatest growth results were observed in the substrate sand at a concentration of 40mM and 30mM.

KEYWORDS: Phasey bean, NaCl, Halotolerant, AGR; RGR.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Ferreira *et al.* (2001) o aumento da concentração de sais no solo é um agente de estresse para as plantas, uma vez que dificulta a absorção de água, o que interfere de forma significativa na germinação das sementes. Desse modo, a salinidade afeta a produtividade em solos agricultáveis desde a germinação das sementes até o seu crescimento (POSSAS *et al.*, 2014).

Existem plantas capazes de adaptar-se a ambientes salinos, as chamadas halófitas, as quais absorvem os sais presentes no substrato, e os acumulam em seus tecidos, principalmente nas partes aéreas. Estas podem ser utilizadas como bioindicadores de salinidade, assim como fitorremediadores, metabolizando o excesso de sais presente no solo, acarretando desse modo a recuperação do mesmo (CARVALHO *et al.*, 2015).

Uma planta conhecida como feijão dos arrozais ou feijão de rola, é uma leguminosa que se adapta bem a condições adversas, como a seca e a baixa fertilidade do solo. Essa

leguminosa é espécie nativa citada como uma planta do futuro devido ao seu alto potencial forrageiro e sua capacidade de fixar nitrogênio, aumentando o nível do nutriente em até 15% no solo, sendo assim uma espécie de cultura potencial para cobertura de solos, sendo também uma possibilidade para as pastagens, visto que dispõe de proteína bruta em um valor percentual digestível de 18,19%, melhorando o valor nutricional da alimentação desses animais (SANTOS et al., 2018; FAO, 2012; PINTO, 2008).

Assim, a *Macroptilium lathyroides* é uma alternativa para contribuição da produção e da manutenção da atividade pecuária. (MICKSON, 2016). Esse trabalho objetivou avaliar o potencial de germinação e crescimento de plântulas e quantificar o crescimento absoluto e relativo de indivíduos de *M. lathyroides*, submetidos a concentrações salinas crescentes no substrato.

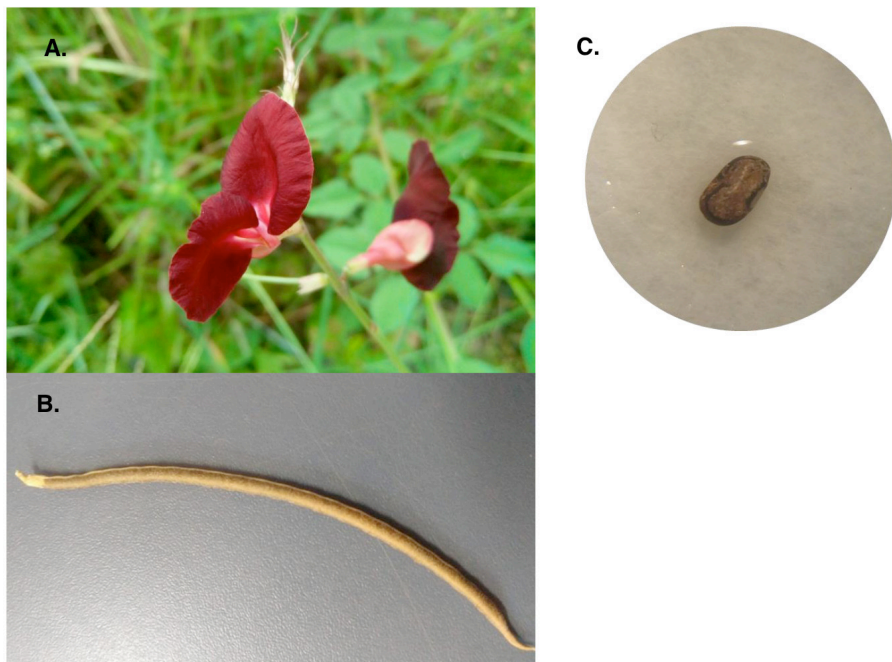


Figura 1: (A) Flor; (B) fruto (vagem); (C) Semente da espécie *Macroptilium lathyroides* L. Urb..

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Ecologia/Universidade Estadual do Ceará (LABOECO/UECE), em Fortaleza, CE. *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. (Figura 1) foi a espécie utilizada no experimento, que foi coletada no perímetro irrigado de Pentecoste - CE (03°48'5" S - 39°18'1" W). As sementes foram beneficiadas e armazenadas em uma câmara de refrigeração a $\pm 5^{\circ}\text{C}$ por 4 dias até o início do experimento.

2.1 Germinação

Foram selecionadas 1000 sementes e estas foram desinfetadas em hipoclorito de sódio a 5%, por 10 minutos, em seguida lavadas com água destilada. Foram avaliados cinco tratamentos (0,0; 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 dS m⁻¹) em duas temperaturas (25°C e 30°C), disposto em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 5X2, com 100 sementes por tratamento, em quatro repetições de 25 sementes/tratamento, as sementes foram distribuídas em placas de Petri (14,5cm), contendo dois papéis filtro (12,5cm) como substrato, para cada tratamento consistiram de cinco níveis de condutividade elétrica (CE) na água de irrigação (0,0; 0,5; 2,0; 4,0; 6,0 dS m⁻¹) para o efeito de salinidade. Os níveis de CE foram atingidos pela adição de NaCl em água bidestilada segundo protocolo proposto por Richard (1980), com exceção do tratamento controle (T1 = 0,0 dS.m⁻¹). As placas foram distribuídas em duas câmaras germinadoras do tipo B.O.D, com as temperaturas de 25°C e 30°C, fixas durante o experimento e fotoperíodo de 12h/12h. Houve acompanhamento diário, com irrigação de 7ml de solução, quando necessário, para avaliar o índice de germinação das sementes seguindo as regras de análise de sementes (RAS) (BRASIL, 2009).

O índice de germinação foi analisado pela fórmula proposta por Maguire (1962). Outro parâmetro utilizado foi o de percentual de germinação.

2.2 Experimento em Vasos

As sementes foram inicialmente colocadas para germinar numa estufa incubadora do tipo B.O.D., onde permaneceram por 7 dias até a aparição de plúmulas, e então foram transferidas para sementeiras, com uma mistura de húmus e areia, irrigadas com água de abastecimento público, até atingirem um tamanho ideal de ±4-6 folhas para serem então transplantadas, para vasos de polietileno de 0,5 litros com substrato composto de areia lavada, e outro de vermiculita. As plantas foram irrigadas até atingir a capacidade de campo três vezes na semana com as soluções nutritivas sugeridas para halófitas (segundo protocolo de Breckle 1976) sendo submetidas a 6 tratamentos, o controle T0 (água do abastecimento público), T1 (solução nutritiva) e T2 a T5 (solução nutritiva + respectiva concentração salina 10, 20, 30, 40mM de NaCl), os tratamentos foram escolhidos em ordem crescente de concentração para verificar o grau de tolerância salina da planta, sem ultrapassar os 100 mM de NaCl, que são valores testados geralmente em plantas com tolerância salina comprovada ou em halófitas genuínas (FLOWER E COLMER, 2008).

A duração do experimento em vasos foi de 44 dias sendo contabilizados os pesos iniciais (antes do transplante das plantas nos vasos e o final realizado na conclusão do experimento). Foram realizadas a mensuração da taxa de crescimento relativa (TCR) e absoluta (TCA) de matéria fresca calculados utilizando a fórmula de Samuelson et al. (1992) e Benicasa (2003).

O delineamento experimental utilizado no viveiro foi o inteiramente casualizado (DIC), organizado em um arranjo fatorial 6x2 constituído de seis tratamentos (T0, T1, T2, T3, T4, T5), e dois substratos (areia e vermiculita), cada tratamento com 8 repetições.

Para análise estatística foi utilizado o software ESTAT (FCAV/UNESP). Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias dos dados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Germinação

Os resultados obtidos demonstraram que os fatores de temperatura e salinidade foram significativos, havendo interação em ambos os fatores em relação a germinação e o percentual de germinação das sementes *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. As análises em percentual de germinação (PG) mostram que os tratamentos da temperatura de 30°C apresentaram uma média de 60,8% assim sendo a melhor temperatura para a germinação das sementes, enquanto os tratamentos de 25°C apresentaram média de 55,4%. (Figura 2).

Apesar de que a germinação das sementes terem sido melhores em 30°C em relação a 25°C, a diferença entre as medias das temperaturas é de apenas 5,4%. Já para Chauhan e Leon (2014) ao realizar testes de germinação com as sementes de *M. lathyroides*, os autores observaram que na temperatura de 25°C fixa e em concentrações salinas elevadas, as sementes apresentaram um potencial de germinação de 80%, enquanto na temperatura flutuante de 30/20°C resultou uma PG de 88%.

Os resultados obtidos por este trabalho foram superiores em relação ao do presente trabalho, no entanto deve ser considerado os fatores dos níveis salinos diferentes, temperatura flutuante e o nível de maturação das sementes, fatores que podem influenciar diretamente a germinação das sementes.

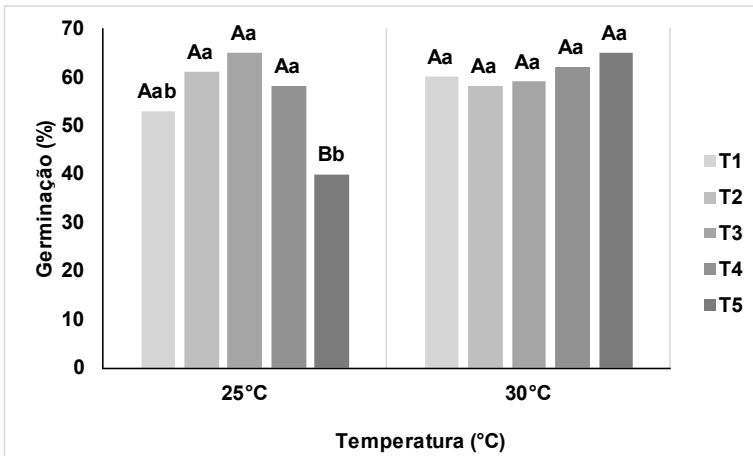


Figura 2 - Germinação (%) de sementes *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. sob efeito de diferentes concentrações de NaCl (T1= 0; T2= 0,5; T3= 2,0; T4= 4,0; T5= 6,0 dS m⁻¹) em duas temperaturas (°C). Letras maiúsculas iguais na mesma salinidade e letras minúsculas iguais na mesma temperatura não diferem entre si em teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos resultados de índice de velocidade de germinação (IVG) (Figura 3) analisados, o tratamento T5 em 25°C apresentou o melhor resultado, assim apresentando o índice mais rápido de germinação. Já em 30°C não houve diferença significativa em seus tratamentos a respeito dos valores de IVG.

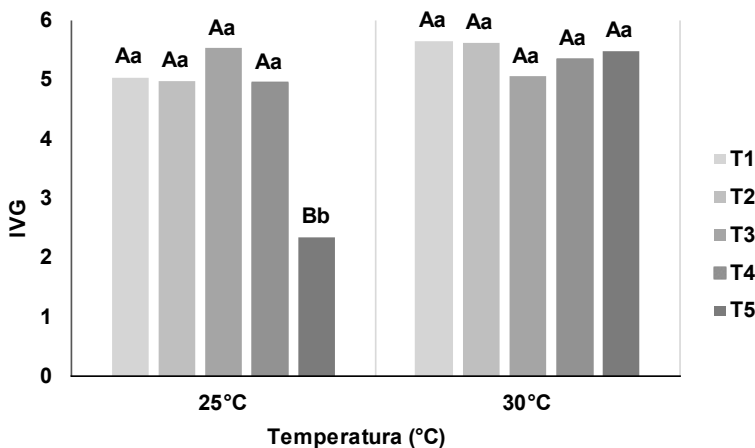


Figura 3 - Índice de velocidade de germinação de sementes de *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. submetidas a diferentes concentrações de NaCl (T1= 0; T2= 0,5; T3= 2,0; T4= 4,0; T5= 6,0 dS m⁻¹ respectivamente) em duas temperaturas (°C). Letras maiúsculas iguais na mesma salinidade e letras minúsculas iguais na mesma temperatura não diferem entre si em teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como observado nos estudos realizados por Brito et al. (2015) em sementes de mamoneira BRS energia (*Ricinus communis* L.), não houve efeito significativo para o índice de velocidade de germinação (IVG) com aumento da concentração salina na água de irrigação nas sementes em temperatura fixa de 25°C. Apesar da similaridade dos resultados do presente trabalho e demais autores, deve ser considerado o fator de que sementes de espécies diferentes foram utilizadas.

Na figura 4, A e B, é observado a média dos picos de germinação que se concentram entre o 2º e o 3º dia de experimento, como observado no tratamento T4 de 25°C obteve 6 sementes germinadas.

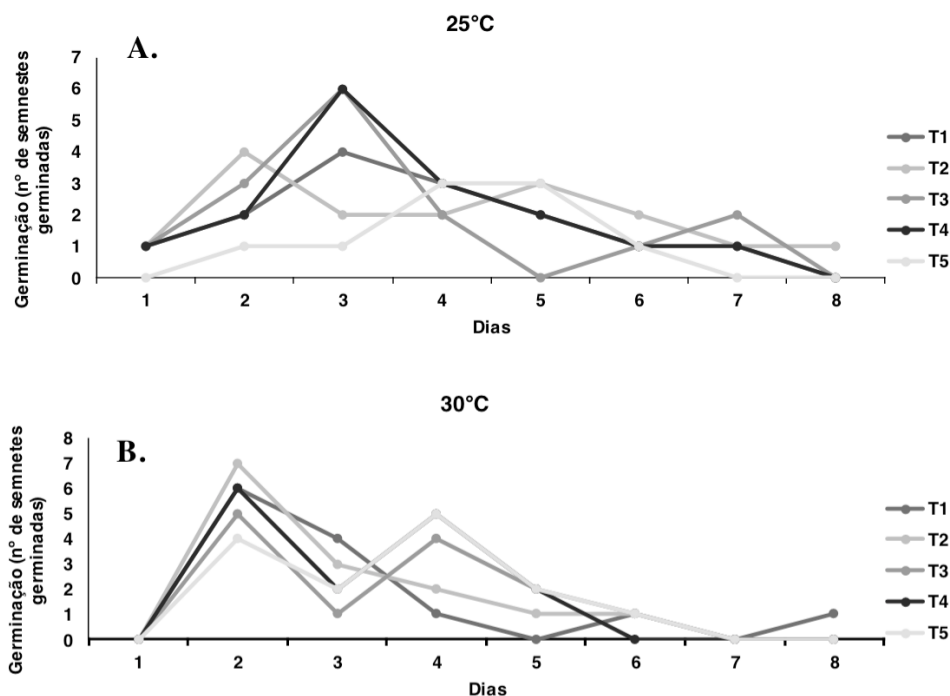


Figura 4 - (A) Médias por tratamento de sementes de *M. lathyroides* germinadas em 8 dias na temperatura de 25° e a 30° (B.)

Os resultados acima explanados vão contra os achados por Ashraf e Rasul (1988) em sementes de *Vigna radiata* (L.) Wilczek, em que a salinidade afetou a germinação das sementes a medida que as concentrações salinas aumentava (3,0; 6,0; 9,0; 12,0; 15,0 dS m⁻¹) e em consequência o percentual de germinação diminuiu.

3.2 Experimento em Vasos

No experimento realizado nos vasos o TCR (Figura 5) da massa fresca demonstrou crescimento mais significativo no substrato areia, onde os tratamentos T4 e T5 obtiveram maior aumento da massa no período de 44 dias sendo a maior concentração utilizada (T5 – 40mM de NaCl) a com resultados mais expressivos, houve um crescimento de $\pm 0,09 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, obtendo o valor superior encontrado para massa fresca se comparados ambos os substratos sendo T5 de areia melhor em até 45% que o mesmo tratamento em vermiculita.

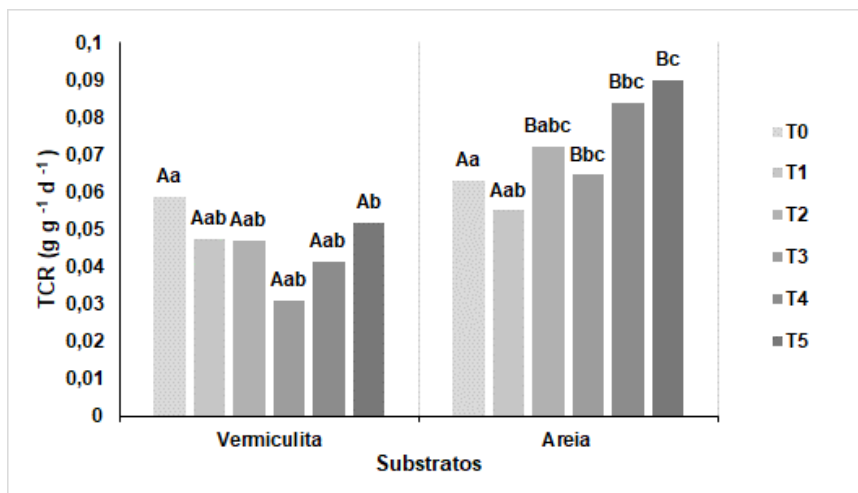


Figura 5 - Taxa de crescimento relativo (TCR) da massa fresca em mudas de *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb., submetidas a 6 tratamentos, em dois substratos diferentes. Letras maiúsculas se referem ao substrato e minúsculas aos tratamentos salinos. Valores médios seguidos pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem estatisticamente entre si em teste de Turkey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos tratamentos T1 e T3 com a taxa de crescimento de $\pm 0,05$ e $\pm 0,06 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ respectivamente, encontramos os menores valores de massa fresca para o substrato areia. Em vermiculita as plantas com maior crescimento se encontram nos tratamentos T0 e T5 (menor e maior concentração salina, respectivamente) o que demonstra provável plasticidade da planta para adaptação em diferentes concentrações salinas.

A taxa de crescimento relativo (Figura 6) no substrato vermiculita obteve valores menores em relação aos do substrato areia, se forem comparados T0 do substrato vermiculita, melhor resultado levando a massa úmida em consideração, com o T1 de areia, que foi o menor valor obtido no substrato areia, percebe-se a pouca diferença entre os dois valores mostrando que o desenvolvimento da planta foi bem mais satisfatório em concentrações salinas mais elevadas, e no substrato areia.

Em um trabalho anterior foi observado que na concentração salina 40mM, *Delonix regia* (Fabaceae), não teve seu crescimento afetado apesar do tratamento salino (PATEL et al ,2009), assim como no presente trabalho onde as plantas conseguiram se desenvolver normalmente na mesma concentração salina (T5) e principalmente no substrato areia em seu crescimento foi de $\pm 0,09 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, observando-se que o crescimento foi maior em até 34% que no tratamento controle (T0) e 45% no tratamento que contém apenas solução nutritiva mostrando provável preferência da espécie pelo substrato, e adaptabilidade a solos salinizados.

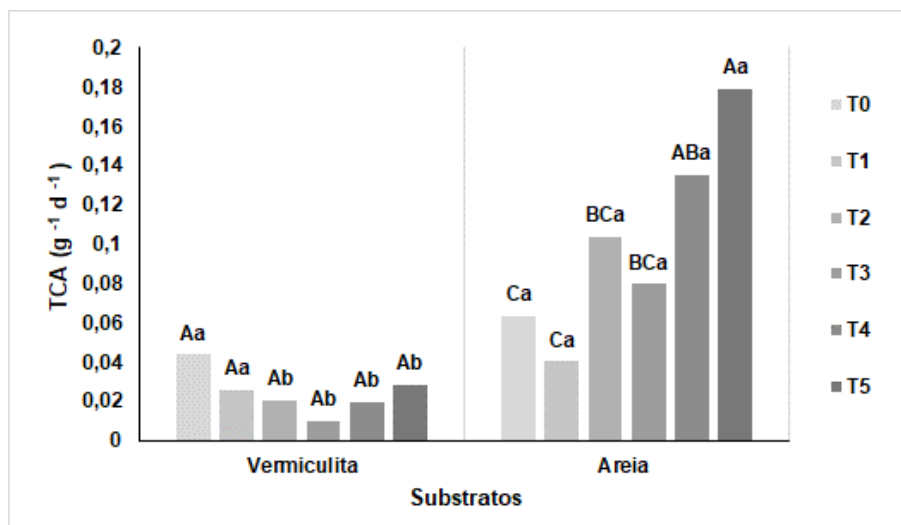


Figura 6 - Taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa fresca em mudas de *Macroptilium lathyroides* (L.) Urb. Submetidas a 6 tratamentos em dois substratos diferentes Letras maiúsculas se referem ao substrato e minúsculas aos tratamentos salinos. Valores médios seguidos pela mesma letra maiúscula ou minúscula não diferem estatisticamente entre si em teste de Turkey ao nível de 5% de probabilidade.

Na TCA (Figura 6) foi observado no substrato vermiculita o tratamento T3 obteve um crescimento de $\pm 0,01 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ apresentando um resultado muito menor que o mesmo tratamento em areia que atingiu $\pm 0,08 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$. Ainda sobre a TCA podemos observar que na maior concentração de NaCl houve um bom aumento de massa, em Areia assim como na TCR.

Segundo Lovato et al. (1999) o aumento da salinidade causou, uma redução significativa no crescimento de *Stylosanthes humilis* (Fabaceae) causando clorose e necrose as folhas, nas plantas observadas neste experimento crescimento de *M. lathyroides*, observando seu TCA, foi de $0,18 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ no tratamento com maior concentração (T5 – 40mM), que corresponde aos níveis de salinidade encontrados em solos salinizados

(RICHARDS, 1974; KOTUBY-AMACHER et al. 2002), o que nos leva a inferir que a *M. lathyroides* pode sim ser uma alternativa para recuperação de solos salinizados, devido a sua resistência a salinidade.

4 | CONCLUSÕES

A espécie *M. lathyroides* (L.) Urb. possui tolerância as concentrações salinas utilizada, visto que houve o crescimento em todos os níveis salinos estudados, assim como não houve diferença significativa entre o desempenho de germinação, tanto percentual quanto índice de velocidade, das sementes em relação aos tratamentos salinos apresentou.

Para a etapa dos vasos houve crescimento em todas as concentrações, sendo as maiores TCRs e TCAs observadas no substrato areia na concentração de 40mM e 30mM, percebendo-se que a espécie forrageira é resistente aos níveis salinos geralmente encontrado nos solos salinizados, tornando a leguminosa uma possível fonte de cultivo e uso em remediação para solos salinizados.

REFERÊNCIAS

BENICASA, M. M. P. (2003) Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: 305 FUNEP. 42p.

BRECKLE, S. -W. (1976). Zur Ökologie und zu den Mineralstoffverhältnissen absalzender und nicht absalzender xerohalophyten. **Dissertationes Botanicae** - 35. J. Cramer Vaduz 169p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 161 p.

BRITO, K.Q.D.; SOUZA, F.G.S; DANTAS JUNIOR, G.J; BRITO, K.S. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento inicial da mamona 'BRS energia'. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [s.l.], v. 10, n. 4, p.17-20, 16 out. 2015. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i4.3344>.

CARVALHO, M. F; EL-DEIR, S.G; CORRÊA, M.M; CARVALHO, G.C. Estudo de caso de três espécies de plantas bioindicadoras de solos salinos. **Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 10, n. 3, p.01- 08.

CHAUHAN, B.S.; LEON, M.J.. Seed Germination, Seedling Emergence, and Response to Herbicides of Wild Bushbean (*Macroptilium lathyroides*). **Weed Science**, [s.l.], v. 62, n. 4, p.563-570, dez. 2014. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1614/ws-d-14-00038.1.08>, 2015.

FLOWERS, T. J. E COLMER, T. D. (2008). Transley Review: Salinity tolerance in halophytes. **New Phytologist**, 179:945-963.

FAO. Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. **FAO**, Rome, Italy. 2012.

FERREIRA, O. G. L.; MONKS, P. L.; AFFONSO A. B. **Regeneração natural do feijão dos arrozais (*Macroptilium lathyroides* (L.) Urb.** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, Anais... Piracicaba: SBZ, 2001. p.138-139.

KOTUBY-AMACHER, J. et al. 2002. Salinity an Plant tolerance. Utah state University electronic Publishing. Disponível em www.extenson.usu.edu/agropubs/ags003.pdf.

LOVATO, M.b; LEMOS FILHO, J.p de; MARTINS, P.s. Growth responses of *Stylosanthes humilis* (Fabaceae) populations to saline stress. **Environmental And Experimental Botany**, [s.l.], v. 41, n. 2, p.145-153, abr. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0098-8472\(98\)00057-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0098-8472(98)00057-4).

MAGUIRE, J. D. **Speed of germination aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigor.** Crop Science, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MONKS, P. L.; FERREIRA, O.G.L; PÓLO, E.A; SILVA, J.B. PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE *Macroptilium lathyroides* (L.). Urb. SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ÉPOCAS DE COLHEITA. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 36, n. 2, p.107-112, 2006.

PATEL, A. D. et al. Effect of salinisation of soil on growth, water status and general nutrient accumulation in seedlings of *Delonix regia* (Fabaceae). **Acta Ecologica Sinica**, [s.l.], v. 29, n. 2, p.109-115, jul. 2009.

PINTO, M. S. C.. **Levantamento Florístico e Composição Químico-Bromatológica do Estrato Herbáceo em Áreas de Quixelô e Taua, Ceará.** 2008. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

RICHARDS, L.A. **Suelos salinos y sódicos.** México: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 1980. 171p.

SANTOS, Mércia Virginia Ferreira dos et al. *Macroptilium lathyroides*: Feijão-dos-arrozais. In: Lidio Coradin (Ed.). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas para o Futuro: Região Nordeste.** Brasília: Mma, 2018. p. 548-554.

SAMUELSON, M.E.; ELIASON, L. & LARSON, C.M. (1992) Nitrate - regulated growth and cytokinin responses in seminal roots of barley. **Plant Physiology**, 98: 309-315.

VASCONCELOS, W. A.; SANTOS, E.M.; ANDRADE, A.P.; BRUNO, R.L.A.; EDVAN, R.L. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de figo de pombo (*Macroptilium lathyroides*). **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, [s.i.], v. 5, n. 1, p.3-11, 2011.

CRESCIMENTO RADICULAR EM SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne SUBMETIDAS À SALINIDADE

Data de aceite: 01/10/2020

Sandro Ferreira do Nascimento

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza - CE
<http://lattes.cnpq.br/2133937551566444>

Oriel Herrera Bonilla

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/1987220130978704>

Hamanda Brandão Pinheiro

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/2079842383810562>

José Wagner Rebouças Filho

Universidade Estadual do Ceará – UECE
Fortaleza – CE
<http://lattes.cnpq.br/0862250194370133>

Cicero Matheus Borges Lucena

Universidade Estadual do Ceará – UECE,
Fortaleza – CE.
<http://lattes.cnpq.br/4540019798864993>

Rayane Gomes da Silva

Universidade Estadual do Ceará- UECE
Fortaleza -CE
<http://lattes.cnpq.br/2852009659512505>

RESUMO: A bioinvasora *Cryptostegia madagascariensis*, vem causando a morte da palmeira carnaúba por sombreamento, espécie nativa que possui grande importância socioeconômica. O objetivo deste trabalho é analisar o comprimento radicular de plântulas de *C. madagascariensis* quando expostas a diferentes níveis de salinidade e temperaturas. Para a realização do teste foram utilizadas 1,000 (um mil) sementes. O teste foi realizado em duas câmaras germinadoras do tipo B.O.D reguladas com foto período 12h/12h (luz/escuro) e com temperaturas fixas de 25 °C e 30 °C, respectivamente. Para a simulação do estresse salino foi utilizado cloreto de sódio puro (NaCl) diluído em água bidestilada onde sua condutividade foi medida, correspondendo a 0,0 (controle); 6,0; 8,0; 12,0; e 16,0 dS m⁻¹. Dez dias após a semeadura realizou-se a medição do comprimento radicular com o auxílio de régua graduada. Com o aumento dos níveis de salinidade, o comprimento apresenta uma redução gradativa, chegando a 0,01 cm no tratamento T5. A temperatura de 30 °C mostrou-se mais favorável para o desenvolvimento de novos indivíduos de *C. madagascariensis*, sendo 53,6% superior em relação à temperatura de 25 °C.

PALAVRAS-CHAVE: NaCl, bioinvasão, Apocynaceae.

RADICULAR GROWTH IN SEEDS OF *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne SUBMITTED TO SALINITY

ABSTRACT: The bioinvader *Cryptostegia madagascariensis*, it has been causing the death to the carnauba palm trees by shading, native species that has great socioeconomic importance. The objective of this work is to analyze the final length of the seedling radicles of *C. madagascariensis* seeds, when exposed to different salinity levels and temperature. For the test, 1000 (one thousand) seeds. The test was run in two germinating chambers type B.O.D regulated with photo period 12h / 12h (light / dark) and with fixed temperatures of 25°C and 30°C, respectively. For the simulation of the salt stress, pure sodium chloride (NaCl) diluted in double distilled water, where it's conductivity was measured, corresponding to 0,0 (control), 6.0, 8.0, 12.0 and 16.0 dS m⁻¹. Ten days after sowing, the root length was measured with the aid of a graduated ruler. With the increase of the salinity levels the length presents a gradual reduction, reaching 0,01 cm in the treatment T5. The temperature of 30°C was more favorable for the development of new individuals of *C. madagascariensis*, being 53,6% superior in relation to the temperature of 25°C.

KEYWORDS: NaCl, bioinvasion, Apocynaceae.

1 | INTRODUÇÃO

A invasão biológica ou bioinvasão é um processo em que um organismo animal ou vegetal é introduzido a um ambiente distinto ao seu de origem, passando a competir territorialmente causando prejuízos à fauna e flora autóctone, devido a sua alta capacidade reprodutiva (Moro et al., 2012).

Dentre as espécies invasoras da região Nordeste do Brasil, podemos encontrar a *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne e a *Calotropis procera* (Aiton) W.T. (Souza et al., 2017; Fabricante et al., 2013), ambas pertencentes à família Apocynaceae e estão competindo com biodiversidade local.

A unha do cão (*Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne) (Figura 1 A) é uma espécie arbustiva, natural da ilha de Madagascar, na África. Sua introdução no Brasil se deu com fins paisagísticos, mas devido aos fatores de alta produção de sementes por frutos, e a fácil dispersão das sementes, sua proliferação ocorreu de forma desordenada no semiárido brasileiro, principalmente em áreas alagadas e em matas ciliares de rios e açudes, regiões em que encontramos naturalmente a palmeira carnaúba (*Copernicia prunifera* (Miller) H. E. Moore), espécie nativa que possui grande importância socioeconômica, devido a sua utilização para a produção de produtos como o pó e a cera da carnaúba, e que vem sendo morta pelo sombreamento causado pela *C. madagascariensis* (Figura 1 B) (Vieira et al., 2004; Sousa et al., 2013).

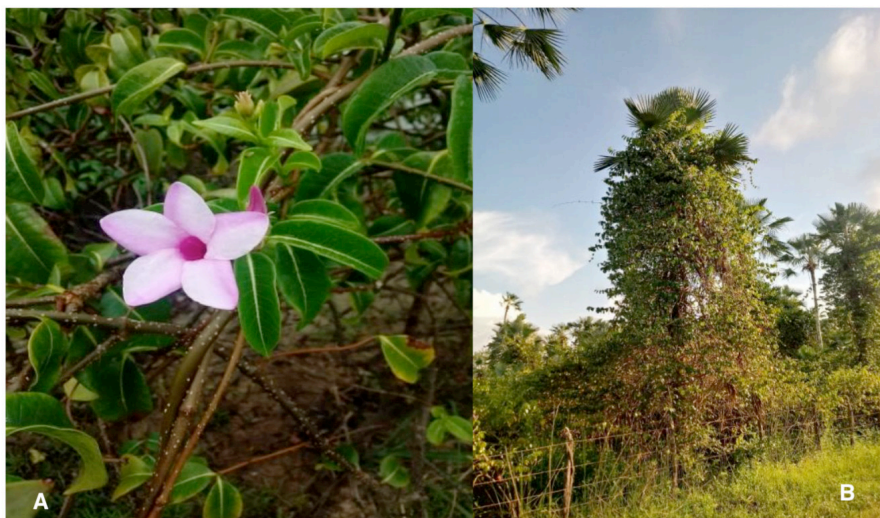


Figura 1 (A) – Inflorescência da *Cryptostegia madagascariensis*. (B) Indivíduos de *Cryptostegia madagascariensis* infestando um carnaubal no município de Palhano - CE (04°46'34" S; 38°02'9" W).

O processo de evapotranspiração ocasionado pelas altas temperaturas (média 28°C) e a má distribuição pluviométrica no semiárido nordestino (Ramalho, 2013), resulta em solos salinizados. Deste modo, se faz necessário avaliar as condições de crescimento e estabelecimento de novos indivíduos de *C. madagascariensis*, mediante estresses abióticos.

Diante da problemática resultante da bioinvasão e a importância da compreensão dos mecanismos fisiológicos de estabelecimento de plantas não nativas, o objetivo deste trabalho é analisar o comprimento radicular de plântulas de *C. madagascariensis* quando expostas a diferentes níveis de salinidade e temperaturas.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Ecologia da Universidade Estadual do Ceará (LABOECO), localizado no *Campus* Itaperi, Fortaleza-CE. As sementes de *C. madagascariensis*, foram provenientes de frutos de diferentes matrizes do município de Aquiraz- CE, nas coordenadas 3°54' S; 38° 23' W. Em laboratório os frutos foram abertos com o auxílio de canivetes e as sementes foram beneficiadas. Após o beneficiamento, elas foram armazenadas em sacos plásticos, que foram dispostos em câmaras refrigeradoras a $\pm 5^{\circ}\text{C}$, por 30 dias, dando início ao experimento.

As sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio comercial a 6% durante 10 minutos e em seguida lavadas com água destilada por 10 minutos e dispostas em placas

de Petri (14,5 cm) contendo dois papéis filtro (13 cm) como substrato. Para a simulação de estresse salino foi utilizado cloreto de sódio puro (NaCl) diluído em água bidestilada, onde sua condutividade foi medida por condutivímetro, correspondendo a 0,0 (controle); 6,0; 8,0; 12,0; e 16,0 dS m⁻¹, seguindo o protocolo proposto por Richards (1980), sendo respectivamente os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5.

As placas de Petri foram distribuídas em duas câmaras germinadoras do tipo B.O.D reguladas com foto período 12h/12h (luz/escuro) e com temperaturas fixas de 25 °C e 30 °C. Para a realização do teste foram utilizadas 1.000 (um mil) sementes de *C. madagascariensis*, dessa quantidade foram distribuídas 100 (cem) sementes por tratamento, contendo quatro repetições de 25 sementes. Durante o experimento, as sementes foram acompanhadas diariamente e umedecidas de acordo com a necessidade, seguindo as Regras de Análises de Sementes (RAS) (Brasil, 2009).

O experimento teve a duração de 10 dias, a finalização do teste se deu com a estabilização do número de germinação. A medição do comprimento radicular foi realizada no décimo dia após a sementeira, com o auxílio de régua graduada, em que a média dos valores foi expressa em centímetros.

O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado (DIC) num arranjo fatorial 5x2. O teste para comparação de medias foi o de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, aplicando o programa estatístico ESTAT.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A germinação das sementes se deu a partir do segundo dia de experimento, porém alguns tratamentos salinos se mostraram mais favoráveis para o surgimento de novos indivíduos e o seu desenvolvimento.

Ao analisar comprimento radicular das plântulas de *Cryptostegia madagascariensis* (Figura 2 A), o tratamento controle T1 (0,0 dS m⁻¹) apresentou um melhor desenvolvimento radicular, sendo superior a 3,6 cm e com o aumento dos níveis de salinidade o comprimento apresenta uma redução gradativa, chegando a 0,01 cm no tratamento T5 (12 dS m⁻¹). Pode-se observar esse comportamento quando compara-se os tratamentos T1 e T2 (0,0 e 6,0 dS m⁻¹ respectivamente), em que existe uma redução de 47% nos valores de comprimento radicular.

Segundo Cruz et al., (2016), o excesso de sais no solo reduz o potencial osmótico das raízes, acarretando em um desequilíbrio nutricional e hídrico nas plantas, comprometendo negativamente o desenvolvimento vegetal a depender do grau de tolerância salina do indivíduo, corroborando com os dados encontrados no presente trabalho.

Na Figura 2 (B) as diferentes temperaturas analisadas, verifica-se que em 30 °C houve um melhor crescimento radicular (chegado a 2 cm) em relação à temperatura de 25 °C, onde o comprimento final foi de 1,3 cm.

Dados similares foram encontrados por Cruz et al., (2016), ao analisar o crescimento radicular de *C. madagascariensis*, em que os menores valores de comprimento ocorreram na temperatura de 25 °C fixa, seguindo com uma redução de valores em função do aumento dos níveis salinos por eles analisados.

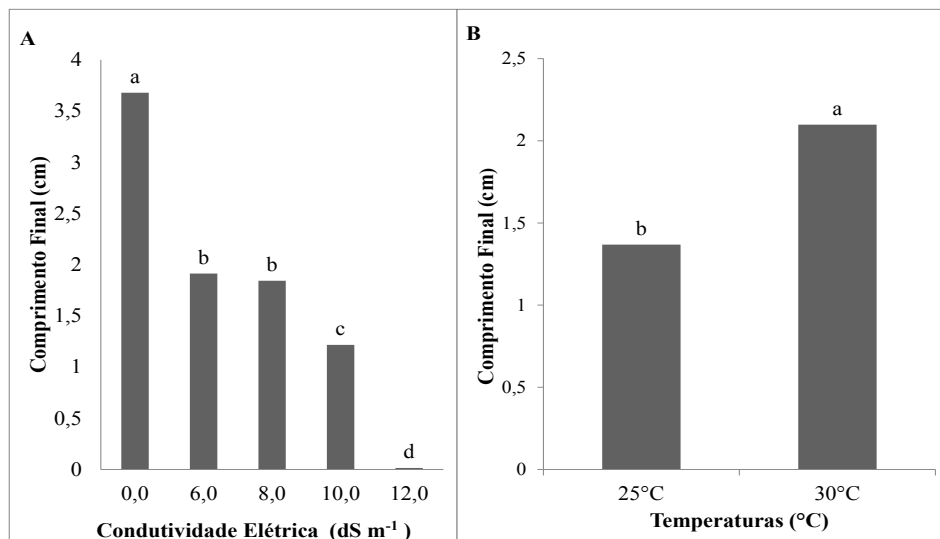


Figura 2 - Comprimento final radicular de indivíduos de *Cryptostegia madagascariensis*, relacionados aos tratamentos salinos (A) e o comprimento final radicular em relação às temperaturas utilizadas (B). Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

4 | CONCLUSÕES

As plântulas de *Cryptostegia madagascariensis*, apresentam tolerância a salinidade, havendo o desenvolvimento radicular no nível salino de 12 dS m⁻¹ em ambas as temperaturas.

A temperatura de 30°C mostra-se mais favorável para o desenvolvimento de novos indivíduos de *Cryptostegia madagascariensis*, sendo 53,6% superior em relação à temperatura de 25°C, indicando uma melhor adaptação para o estabelecimento da espécie em regiões com altas temperaturas, semelhantes ao semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**, Brasília, 2009. 161 p.

CRUZ, F.R.S.; ANDRADE, L.A.; ALVES, E.U. ESTRESSE SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. *Ciência Florestal*, [s.l.], v. 26, n. 4, p.1189-1199, 28 dez. 2016. Universidade Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509825110>.

FABRICANTE, J.R.; OLIVEIRA, M.N.A; SIQUEIRA FILHO, J.A. Aspectos da ecologia de *Calotropis procera* (Apocynaceae) em uma área de Caatinga alterada pelas obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco em Mauriti, CE. **Rodriguésia**, [s.l.], v. 64, n. 3, p.647-654, set. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s2175-78602013000300015>.

MORO, M.F.; SOUZA, V.C.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; QUEIROZ, L.P.; FRAGA, C.N.; RODAL, M.J.N.; ARAUJO, F.S.; MARTINS, F.R. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia?. **Acta Botanica Brasilica**, [s.l.], v. 26, n. 4, p.991-999, dez. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062012000400029>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062012000400029>. Acesso em: 15 maio 2019.

RAMALHO, M.F.J.L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, Natal, v. 25, n° 2, p. 104-115, jul./dez. 2013.

RICHARDS, L.A. **Suelos salinos y sodicos**. México: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 1980. 171 p.

SOUZA, L.A.; GUIMARÃES, L.L.; REIS, A.T.; COSTA, I.S.C.; ARAÚJO, J.P.; DIAS, F.Y.E.C.; MONTEIRO, C.C.; BONILLA, O.H. (2013) Crescimento da fito invasora *Cryptostegia madagascariensis* submetida a estresse salino. Recife: **I CONICBIO, II CONABIO, VI SIMCBIO**. Volume 2. 11 p. Disponível em: <<http://www.unicap.br/simcbio/wp-content/uploads/2014/09/CRESCIMENTO-DA-FITO-INVASORA-Cryptostegia-madagascariensis-SUBMETIDA-A-ESTRESSE-SALINO.pdf>> Acesso em 03 de maio 2019.

SOUZA, T.A.F.; ANDRADE, L.A.; FREITAS, H.; SANDIM, A.S. Biological invasion influences the outcome of plant-soil feedback in the invasive plant species from the Brazilian Semi-arid. *Microbial Ecology*, [s.l.], v. 76, n. 1, p.102-112, 30 maio 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00248-017-0999-6>.

VIEIRA, M.F.; LEITE, M.S.O.; GROSSI, J.A.S.; ALVARENGA, E.M. Biologia reprodutiva de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. (Periplocoideae, Apocynaceae), espécie ornamental e exótica no Brasil. **Bragantia**, [s.l.], v.63, n.3, p.325-334, dez. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052004000300002>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052004000300002>. Acesso em: 18 maio 2019.

CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Vigna luteola* (Jacq.) Benth. SUBMETIDAS A SALINIDADE

Data de aceite: 01/10/2020

Ivina Beatriz Menezes Farias

Universidade Estadual do Ceará e
Ceará - Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/9880012685394115>

Oriel Herrera Bonilla

Universidade Estadual do Ceará
Ceará- Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/1987220130978704>

Claudivan Feitosa de Lacerda

Universidade Federal do Ceará
Ceará – Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/4576414337840820>

Natália Morena Fernandes Soltys

Universidade Estadual do Ceará
Ceará – Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/5287348390619627>

Francisca Renata Alves de Lima

Universidade Estadual do Ceará
Ceará- Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/8872392102696324>

Francisca Raiane Machado da Cruz

Universidade Estadual do Ceará.
Ceará – Fortaleza
<http://lattes.cnpq.br/0188700205049169>

RESUMO: O aumento natural ou induzido da salinidade no solo é um dos grandes problemas da agricultura pelo mundo. As halófitas são plantas capazes de armazenar e metabolizar grandes quantidades de sais, sendo assim uma alternativa para a recuperação desses solos. O feijão *Vigna luteola* (caupi peludo) é uma herbácea, da família Fabaceae, tolerante a salinidade, que se desenvolve em solos bem próximo ao litoral, crescendo também em locais com drenagem insuficiente. Neste experimento foi analisado o crescimento da *V. luteola* submetida a 6 tratamentos: T0 controle (Água de abastecimento público), T1, T2, T3, T4, e T5 correspondendo a soluções nutritivas (preparadas segundo o protocolo de Breckle), acrescidas de NaCl (0, 10, 20, 30 e 40 mM) em dois substratos (vermiculita ou areia). Foram mensurados os pesos das plantas no início e no final do experimento, para ser feito o cálculo de taxa de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR). Apesar do bom desenvolvimento das plantas em todos os níveis salinos e substratos, foi observada uma queda nas taxas de crescimento de acordo com o aumento das concentrações salinas, podendo haver sensibilidade dessa leguminosa a concentrações mais elevadas de NaCl.

PALAVRAS-CHAVE: Caupi peludo, substratos salinos, halotolerante, fabaceae, NaCl.

GROWTH OF SEEDLINGS OF *Vigna luteola* (Jacq.) Benth. SUBMITTED TO SALINITY

ABSTRACT: The natural or induced increase in soil salinity is one of the major problems of agriculture around the world. Halophytes are plants that are capable of extracting, store and metabolizing large amounts of salt, and may be an alternative for use and recovery of these soils. *Vigna luteola* (hairypod cowpea) is a shrub species, of the fabaceae family, tolerant to salinity, which develops close to the coast, growing also in places with insufficient drainage. In this experiment the growth of *V. luteola* submitted to 6 treatments, 1 control (Public water supply) and 5 nutritive solutions with different concentrations of NaCl (0, 10, 20, 30 and 40 mM) in two substrates (vermiculite and sand), the plant weight was measured at the beginning and at the end of the experiment, to calculate the absolute and relative growth rate (RGR and AGR). Although there was a good development of the plants at all saline levels and substrates, a decrease in the growth rates was observed according to the increase of saline concentrations, where the best results were obtained in vermiculite mainly in T0, which leads us to conclude that there may be some sensitivity of this legume to higher concentrations of NaCl.

KEYWORDS: Hairypod cowpea, Saline substrates, halotolerant, fabaceae, NaCl.

1 | INTRODUÇÃO

Todos os solos possuem uma concentração natural de sais, contudo o acúmulo desses pode gerar solos denominados salinos ou halomórficos (HOLANDA et al., 2016). O processo de salinização do solo pode ser entendido como o aumento de sais solúveis e/ou sódio trocável nas camadas superficiais (SCHOSSLER et al., 2012). Esse é um fator prejudicial no desenvolvimento de plantas, uma vez que afeta a quantidade de água disponível no substrato e aumenta a concentração de íons no mesmo. O alto teor de salinidade pode levar a uma redução na produtividade e até resultar na morte da planta (ESTEVES e SUZUKI, 2008).

Os problemas de salinização ocorrem de forma mais rigorosa nas regiões áridas e semiáridas (FEIJÃO et al., 2011). Nessas regiões, fatores naturais, como a baixa precipitação, alto índice de evaporação e a deficiente drenagem destes solos, fazem com que o processo de salinização ocorra e evolua rapidamente. O Nordeste do Brasil, é um exemplo de região semiárida na qual existem extensas áreas salinizadas. Algumas plantas conhecidas como halófitas possuem tolerância à salinidade, estas têm a capacidade de crescer e se desenvolver por completo em solos onde há elevadas concentrações de sais (ESTEVES e SUZUKI, 2008). Dessa forma, a fitoextração de sais solúveis utilizando plantas halófitas é uma alternativa de baixo custo para recuperação de solos salinos, não agressiva ao ambiente. Além disso, as halófitas possuem inúmeras aplicações, como na medicina popular, para alimentação e como forragem para o gado (COSTA e HERRERA, 2016).

A *Vigna luteola* é uma trepadeira nativa brasileira não endêmica citada como uma das poucas leguminosas tolerantes a salinidade, crescendo em ambiente alagados e

próximo ao litoral, possui alta capacidade de fixação de nitrogênio, e potencial forrageiro (SKERMAN et al, 1991). Segundo Brasil (2011) esta é uma espécie muito palatável, sendo preferencialmente pastejada, e também uma planta que adapta-se diversos tipos de solos, como solos ácidos, fortemente alcalinos, de pouca drenagem e até solos salinos. Neste trabalho buscou-se analisar as taxas de crescimento absoluto e relativo da massa úmida de mudas de *Vigna luteola* (figura 1), sob o efeito de diferentes concentrações salinas.



Figura 1: Inflorescência da *Vigna luteola*

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Ecologia da UECE, foram utilizadas sementes de *Vigna luteola* (Jacq.) Benth, previamente coletadas no Perímetro Irrigado, localizado no município de Pentecoste-CE (03°48'04.3" S 39°18'11.3" W). Essas foram beneficiadas e armazenadas em uma câmara de refrigeração a $\pm 5^{\circ}\text{C}$ por 60 dias até o início do experimento.

As sementes foram inicialmente colocadas para germinar numa estufa incubadora do tipo B.O.D., onde permaneceram por 7 dias até o surgimento de plúmulas, sendo transferidas para sementeiras até atingirem um tamanho ideal com $\pm 4-6$ folhas. Posteriormente, foram transplantadas para os vasos de polietileno com capacidade de 0,5 litros, contendo substrato de areia lavada ou vermiculita, de acordo com o tratamento (substrato).

Realizou-se o manejo da irrigação, determinando atingir a capacidade de campo através de três irrigações semanais, mediante solução nutritiva segundo protocolo de Breckle (1976). Foram utilizados 6 tratamentos, sendo o controle T0 (água do abastecimento público), T1 (solução nutritiva, recomendada para halófitas) e T2 a T5 (solução nutritiva + respectiva concentração salina 10mM, 20mM, 30mM, 40mM de NaCl), o gradiente dos tratamentos foi escolhido para verificar o grau de tolerância a sais da planta, sem ultrapassar os 100 mM de NaCl, que são valores testados geralmente em plantas com tolerância salina comprovada ou em halófitas genuínas (FLOWER E COLMER, 2008).

O experimento em vasos durou 44 dias, sendo contabilizados, como dados de análise, o peso inicial das plantas, antes da transposição para os vasos, retirando-as do substrato e lavando-as, e o peso final, após o mesmo procedimento de retirada da planta do substrato e lavagem. Para mensurar a taxa de crescimento relativo, a TCR, e a taxa de crescimento absoluto, a TCA, da amostra foi utilizada a fórmula de Samuelson et al. (1992) e Benicasa (2003):

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (t_2 - t_1) \quad (1)$$

$$TCA = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1) \quad (2)$$

Em que, ln – log neperiano

W_1 – Peso inicial em gramas (g)

W_2 – Peso final em gramas (g)

t_1 – Tempo inicial em dias

t_2 – Tempo final em dias

O delineamento experimental utilizado no viveiro foi o inteiramente casualizado (DIC), organizado em um arranjo fatorial 6x2 constituído de seis tratamentos (T0, T1, T2, T3, T4, T5) e dois substratos (areia ou vermiculita), com 6 repetições. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa ESTAT - Sistema de Análises Estatísticas (1994), desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da UNESP/FCAVJ. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias dos dados foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que houve interação significativa nas variáveis substrato e salinidade nos índices de TCA, contudo, essa mesma interação não foi observada nos índices de TCR, cujo dados não diferem estatisticamente entre si como pode ser observado na Tabela 1.

	Causas de variação			
	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Substratos	5	0,0267	0,0053	1,1786 ns
Concentração salina	1	0,0016	0,0016	0,3555 ns
Interação	5	0,0034	0,0007	0,1507 ns
Resíduos	60	0,2715	0,0045	

Tabela 1. Análise de variância - Taxa de crescimento relativo (TCR) de *Vigna luteola* sob efeito de salinidade cultivada em dois substratos

Para TCA (figura 2) o melhor resultado obtido foi no substrato areia onde o crescimento foi de $\pm 0,1 \text{ g}^{-1}\text{d}^{-1}$ no tratamento T2 (10 Mm de NaCl), porem ainda assim percebesse um melhor desenvolvimento dessas plantas em vermiculita, o que relaciona-se a porosidade do substrato vermiculita que promove a areação do solo enquanto retém umidade e estimula a absorção denutrientes através das raízes das plantas (UGARTE *et al*, 2005). As plantas sobreviveram a todos os tratamentos, mostrando que as mesmas possuem tolerância a salinidade.

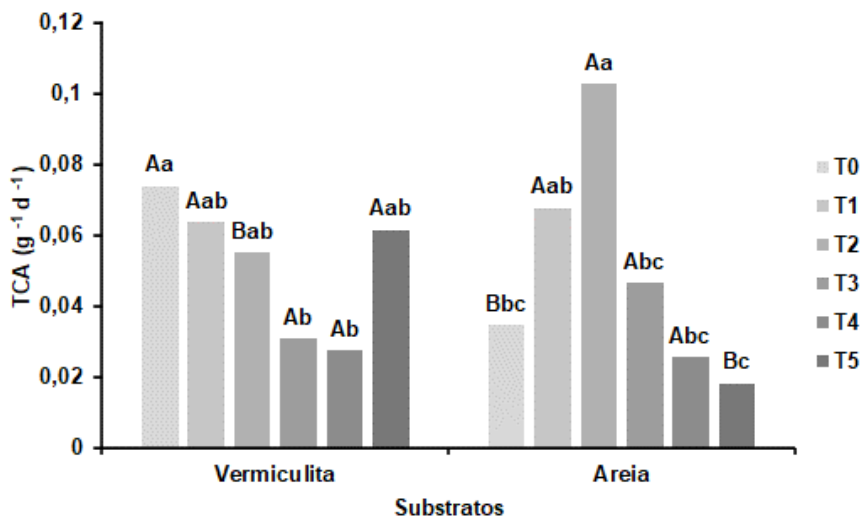


Figura 2: Taxa de crescimento absoluto (TCA) da massa fresca em mudas de *Vigna luteola* (Jacq.) Benth., submetidas a 6 tratamentos , em dois substratos diferentes). Valores médios seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si em teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O crescimento absoluto da massa fresca no substrato vermiculita também demonstra certa diminuição a medida que o nível salino das soluções nutritivas aumenta, apesar de haver um aumento dessa TCA em T5 (40 mM de NaCl) de vermiculita. De acordo com Taf et al. (2009) o crescimento de *Vigna unguiculata* obteve uma queda significativa na concentração 50mM de NaCl, esse resultado dialoga com o obtido no presente trabalho para *V. luteola* no substrato areia onde há uma queda significativa no valor da TCA que foi de $\pm 0,02 \text{ g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, o que indica certa sensibilidade da planta a níveis salinos maiores.

4 | CONCLUSÕES

Foi observado o maior crescimento em concentrações salinas mais baixas, principalmente na concentração de 10mM, contudo em concentrações mais elevadas apesar de não obter grande crescimento, as mudas conseguiram suportar as concentrações salinas, o que pode demonstrar que a trepadeira possui certa resistência a salinidade.

REFERÊNCIAS

BENICASA, M. M. P. (2003) Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: 305 FUNEP. 42p.

BRASIL. Lidio Coradin. Ministério do Meio Ambiente (Ed.). Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas para o Futuro - Região Sul. Brasília: Mma, 2011. 936 p. (Plantas para o futuro). Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dcbio/_ebooks/regiao_sul/Regiao_Sul.pdf>. Acesso em: 16 set. 2019.

BRECKLE, S. -W. (1976). Zur Ökologie und zu den Mineralstoffverhältnissen absalzender und nicht absalzender xerohalophyten. **Dissertationes Botanicae** - 35. J. Cramer Vaduz 169p.

COSTA, C. S. B.; HERRERA, O. B. Halófitas brasileiras: Formas de cultivo e usos. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. D.; Lacerda, C. F.; Gomes-Filho, E. (ed.) **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal. p. 223-258, 2016.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S.; EFEITO DA SALINIDADE SOBRE AS PLANTAS. **Oecologia Australis**, [s.l.], v. 12, n. 04, p.662-679, dez. 2008. Oecologia Australis. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2008.1204.06>.

FEIJÃO, A. R. et al. Efeito da nutrição de nitrato na tolerância de plantas de sorgo sudão à salinidade. **Revista Ciência Agronômica**, [s.l.], v. 42, n. 3, p.675-683, set. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902011000300014>.

FLOWERS, T. J. E COLMER, T. D. (2008). Transley Review: Salinity tolerance in halophytes. **New Phytologist**, 179:945-963.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R.; FERREIRA-NETO, M.; HOLANDA, A. C.; SÁ, F. V. S.; Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura**: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza, INCTSal, 2016, p.35-50.

SAMUELSON, M.E.; ELIASON, L. & LARSON, C.M. (1992) Nitrate - regulated growth and cytokinin responses in seminal roots of barley. **Plant Physiology**, 98: 309-315

SCHOSSLER, T. R. et al. SALINIDADE: EFEITOS NA FISIOLOGIA E NA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. **Enciclopédia Biosfera**: Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 8, n. 15, p.1563-1578, 30 nov. 2012. Semanal.

SKERMAN, P. J.; CAMERON, D. G.; RIVEROS, F.. **Leguminosas forrajeras tropicales**. Roma: Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación, 1991. 707 p. (Colección FAO: Produccion y protección vegetal, n.2).

TAF, V. D. et al. Effects of Salinity Stress on Growth, Ions Partitioning and Yield of Some Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Cultivars. **International Journal Of Botany**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.135-143, 1 fev. 2009.

UGARTE, J. F. D. O.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; Vermiculita. In: CETEM. Rochas e minerais industriais. 2005. 1 ed. Rio de Janeiro: **CETEM**,. Cap. 32, p.677-698.

EVOLUÇÃO DA ÁREA DE AGRICULTURA IRRIGADA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO NAS ÚLTIMAS DÉCADAS

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 03/07/2020

Sérgio Luiz Aguilar Levien

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)

Mossoró – Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/6535336118387713>

Vladimir Batista Figueirêdo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)

Mossoró – Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/3936754292058771>

Luiz Eduardo Vieira de Arruda

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
(UFERSA)

Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte

<http://lattes.cnpq.br/7381923755815204>

RESUMO: O Semiárido Brasileiro é uma região caracterizada pelo clima seco, com poucas chuvas e elevada evapotranspiração. As condições hídricas são insuficientes para sustentar rios caudalosos que se mantenham perenes nos longos períodos de ausência de precipitações. Buscando obter informações importantes para o planejamento do crescimento sustentável da agricultura irrigada e o uso eficiente dos recursos hídricos do Semiárido Brasileiro, objetivou-se com este trabalho analisar os dados sobre irrigação na região com base nos Censos Agropecuários do IBGE de 1996, 2006 e 2017, bem como nos dados obtidos do Atlas Irrigação da ANA de 2017 e 2019. A área de agricultura

irrigada na Região do Semiárido Brasileiro variou de 385267 ha, em 1996, a 730202 ha, em 2017; sendo que houve um acréscimo de 89,53% na área irrigada na Região, nas últimas duas décadas. Baseado em uma projeção tendencial a área irrigada no Semiárido Brasileiro deve atingir 1131125 ha, em 2030.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura do semiárido, métodos de irrigação, área irrigada, desenvolvimento sustentável, recursos hídricos.

EVOLUTION OF IRRIGATED AGRICULTURE AREA IN BRAZILIAN SEMIARID REGION IN RECENT DECADES

ABSTRACT: The Brazilian Semiarid is a region characterized by dry climate, with few rainfall and high evapotranspiration. Water conditions are insufficient to sustain flowing rivers that remain perennial in long periods of absence of precipitation. In order to obtain important information for the planning of sustainable growth of irrigated agriculture and the efficient use of water resources of Brazilian Semiarid, the objective of this work was to analyze the irrigation data in the region based on the Agricultural Census of IBGE of 1996, 2006 and 2017, as well as the data obtained from the Irrigation Atlas of ANA of 2017 and 2019. The irrigated agriculture area in Brazilian Semiarid region ranged from 385267 ha, in 1996, to 730202 ha, in 2017; and there was an increase of 89.53% in the irrigated area in the Region, in the last two decades. Based on a trend projection the irrigated area in Brazilian Semiarid region is expected to reach 1131125 ha in 2030.

KEYWORDS: Semiárid agriculture, irrigation methods, irrigated area, sustainable development, water resources.

1 | INTRODUÇÃO

O Semiárido Brasileiro é uma região definida em lei federal e delimitada pelo Ministério da Integração Nacional, e substitui o Polígono das Secas. Tem a cidade de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte, estipulada como sua capital a partir da lei nº 13568, de 21 de dezembro de 2017.

O Semiárido constitui historicamente uma das regiões menos desenvolvidas do Brasil. Atualmente, essa região contabiliza 1262 municípios espalhados pelo território de dez Unidades da Federação: Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. Esta região abrange 1128698,04 km² de área e a população da região é estimada em 27722782 habitantes, em 2019.

As fragilidades econômicas da região resultam na dificuldade de absorção desse grande contingente populacional no mercado de trabalho local e, como consequência indireta disso, boa parte da população sobrevive da agropecuária de baixa produtividade em um modelo clássico de agricultura de subsistência.

O Semiárido Brasileiro é uma região caracterizada pelo clima seco, com poucas chuvas e elevada evapotranspiração. Os critérios para delimitação do Semiárido foram a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; o índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; e o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Como reflexo das condições climáticas dominantes de semiaridez, a hidrografia é pobre, em seus amplos aspectos. As condições hídricas são insuficientes para sustentar rios caudalosos que se mantenham perenes nos longos períodos de ausência de precipitações. Constitui-se exceção o rio São Francisco. Devido às características hidrológicas que possui, as quais permitem a sua sustentação durante o ano todo, o rio São Francisco adquire uma significação especial para as populações ribeirinhas e da zona do Sertão.

As informações anteriores sobre a região, apresentadas de uma forma resumida, são obtidas em material da Internet dos portais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), da Agência Nacional de Águas (ANA), da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), e da enciclopédia livre WIKIPEDIA.

Poucas são as fontes de dados, encontradas na literatura, sobre o panorama da irrigação na região do Semiárido Brasileiro, além dos Censos Agropecuários de 1996, 2006 e 2017 (IBGE, 1998; IBGE, 2007; IBGE, 2012; IBGE, 2018; IBGE, 2019) e o Atlas Irrigação (ANA, 2017; SNIRH, 2020).

Objetivou-se com este trabalho analisar os dados sobre irrigação na região do Semiárido Brasileiro com base nos Censos Agropecuários do IBGE de 1996, 2006 e 2017, bem como nos dados obtidos do Atlas Irrigação da ANA de 2017 e 2019, com a finalidade de obter informações importantes para o planejamento do crescimento sustentável da agricultura irrigada e o uso eficiente dos recursos hídricos da Região.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os dados obtidos dos Censos Agropecuários (IBGE, 1998; IBGE, 2007; IBGE, 2012; IBGE, 2018; IBGE, 2019; IBGE, 2020; SIDRA, 2020) são resultados de pesquisa de campo realizada para saber se houve irrigação no estabelecimento agropecuário e, em caso positivo, qual a área total irrigada e a área irrigada pelos respectivos métodos de irrigação utilizados, no período de referência.

Considera-se irrigação a prática de aplicar água, que não a da chuva, diretamente à superfície do solo cultivado com pastos ou culturas, em quantidades e intervalos determinados, com a finalidade de fornecer água às plantas em condições apropriadas ao seu crescimento e produção (IBGE, 2020).

Já os dados obtidos do Atlas Irrigação (ANA, 2017; SNIRH, 2020) são resultados de apresentação de uma retrospectiva, um panorama atual e uma visão de futuro sobre a agricultura irrigada brasileira, com foco no levantamento de áreas irrigadas, no potencial de expansão e no uso da água associado. Essa base técnica visa subsidiar as tomadas de decisão com vistas à segurança hídrica e à garantia dos usos múltiplos da água.

A irrigação é o maior uso da água no Brasil e no mundo. A prática visa o fornecimento de água, de forma artificial, para suprir o que não é fornecido pelas fontes naturais, visando o pleno desenvolvimento das culturas (SNIRH, 2020).

Diversos fatores contribuem para a necessidade de irrigação. Em regiões afetadas pela escassez contínua de água, como no Semiárido Brasileiro, a irrigação é fundamental, ou seja, uma parte importante da agricultura só se viabiliza mediante a aplicação artificial de água. A irrigação é imprescindível em regiões áridas e semiáridas, a exemplo do Semiárido Brasileiro, onde a segurança produtiva é bastante afetada pela escassez contínua de água, minimizada apenas no período mais úmido, entre os meses de dezembro e março onde algumas culturas de sequeiro ainda podem se desenvolver (ANA, 2017).

Inicialmente, realizou-se, no presente trabalho, um levantamento dos dados apresentados nos relatórios dos Censos Agropecuários de 1996, 2006 e 2017 (IBGE, 1998; IBGE, 2007; IBGE, 2012; IBGE, 2018; IBGE, 2019) sobre a irrigação na Região do Semiárido Brasileiro, comparando os mesmos entre si.

Avaliou-se, também, a irrigação na parte semiárida dos dez estados que compõem a região (Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais).

Os dados analisados em relação ao Semiárido Brasileiro e às áreas semiáridas dos Estados que o formam foram: área total irrigada e área irrigada por métodos de irrigação. Os critérios de classificação adotados pelo IBGE, usados nos três Censos Agropecuários analisados, são resultados das pesquisas realizadas em cada um deles de maneiras diferentes, e são apresentados na Tabela 1.

Censo	Crítérios
1996	Pesquisaram-se os estabelecimentos que habitualmente utilizavam métodos de irrigação [inundação, infiltração, aspersão e outros; sem considerar como irrigação a simples rega manual com baldes, regadores, pequenas mangueiras domésticas etc...], e contabilizou-se somente a área total irrigada, mas não as áreas irrigadas pelos diferentes métodos.
2006	Pesquisou-se a área total irrigada nos estabelecimentos agropecuários e as áreas irrigadas pelos respectivos métodos de irrigação utilizados [inundação, sulcos, aspersão (pivô central), aspersão (outros métodos), localizado (gotejamento, microaspersão etc...), outros métodos de irrigação e/ou de molhação], e contabilizou-se tanto a área total irrigada como as áreas irrigadas pelos seis diferentes métodos.
2017	Pesquisou-se se houve irrigação no estabelecimento e, em caso positivo, qual a área total irrigada e as áreas irrigadas pelos respectivos métodos de irrigação utilizados [inundação, sulcos; outros (corrugação, faixa etc...), autopropelido/carretel enrolador, pivô central, aspersão convencional (portátil, semiportátil, fixo, semifixo, canhão hidráulico, malha), gotejamento superficial, microaspersão, xique-xique, potejamento etc..., gotejamento subsuperficial, e molhação], e contabilizou-se tanto a área total irrigada como as áreas irrigadas pelos onze diferentes métodos.

Tabela 1. Critérios de classificação do IBGE usados nos diferentes Censos Agropecuários

Fonte: IBGE (1998); IBGE (2007); IBGE (2012); IBGE (2018); IBGE (2019)

De acordo com a metodologia adotada na pesquisa do IBGE, se uma mesma área tivesse sido irrigada mais de uma vez no período de referência, pelo mesmo método, registrou-se a área somente uma vez; e, se uma mesma área tivesse sido irrigada no período de referência, por métodos diferentes, registrou-se a área no método que o produtor considerou como sendo o principal (IBGE, 2020).

Para analisar os dados apresentados nos Censos Agropecuários do IBGE, agrupou-se e tabulou-se os mesmos, considerando-se a área total irrigada e as áreas irrigadas usando os seguintes métodos de irrigação (Tabela 2): irrigação por superfície, irrigação por aspersão, irrigação localizada, e outros métodos de irrigação.

Método de irrigação	Métodos (sistemas) considerados pelo IBGE
Irrigação por superfície	inundação, sulcos e outros (corrugação, faixa etc...);
Irrigação por aspersão	autopropelido/carretel enrolador, pivô central, e aspersão convencional (portátil, semiportátil, fixo, semifixo, canhão hidráulico, malha);
Irrigação localizada	gotejamento superficial, microaspersão, gotejamento subsuperficial, e xique-xique, potejamento etc...;
Outros métodos de irrigação	molhação (regas manuais, por meio da utilização de mangueiras, baldes, regadores, latões etc...).

Tabela 2. Métodos de irrigação assumidos pelos autores na tabulação dos dados dos diferentes Censos Agropecuários

Fonte: IBGE (1998); IBGE (2007); IBGE (2012); IBGE (2018); IBGE (2019)

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 3, 4, e 5 são mostradas as informações obtidas dos três últimos Censos Agropecuários do IBGE onde são apresentadas as áreas totais com uso de irrigação e as áreas usadas com os diferentes métodos de irrigação, de acordo com as classificações assumidas pelo IBGE e transformadas para as classificações assumidas pelos autores deste trabalho, no Brasil, na Região Nordeste, no Semiárido Brasileiro e nos estados que o compõem.

Região	Método de irrigação
	Total Geral
	ha
BR	3121642
NE	751886
Semiárido BR	385267
Semiárido MA	0
Semiárido PI	5284
Semiárido CE	92451
Semiárido RN	26160
Semiárido PB	24540
Semiárido PE	67928
Semiárido AL	1022
Semiárido SE	4108
Semiárido BA	129293
Semiárido MG	34481

Tabela 3. Área com uso de irrigação: Censo 1996

Fonte: IBGE (1998)

Região	Método de irrigação						
	Total Geral	Superfície		Aspersão		Localizada	Outros
		I	S	P	O	G	M
	ha						
BR	4545534	1166350	189721	892887	1593560	330774	372244
NE	1007657	69633	109732	207757	420963	105455	94118
Semiárido BR	469728	48971	88873	42463	141795	89372	58255
Semiárido MA	0	0	0	0	0	0	0
Semiárido PI	10406	1881	1129	0	4216	869	2075
Semiárido CE	97967	19872	11106	3487	29295	12675	21531
Semiárido RN	31108	2953	2942	2466	11400	8837	2509
Semiárido PB	24295	3474	1796	0	13582	2733	2560
Semiárido PE	72976	5221	18518	1292	22813	16762	8370
Semiárido AL	3457	49	437	0	1086	480	1061
Semiárido SE	4277	1720	407	0	1777	156	127
Semiárido BA	181015	11917	50105	26617	44127	35510	12739
Semiárido MG	44228	1885	2432	7780	13498	11351	7282

Tabela 4. Área com uso de irrigação: Censo 2006

*Métodos de irrigação: Superfície = irrigação por superfície; Aspersão = irrigação por aspersão; Localizada = irrigação localizada ou microirrigação; Outros = outros métodos de irrigação

**Sistemas de irrigação: I = irrigação por inundação; S = irrigação por sulcos; P = irrigação por Pivô Central; O = irrigação por outros métodos de aspersão; G = irrigação por gotejamento, microaspersão etc...; M = outros métodos de irrigação e/ou de molhação

Fonte: IBGE (2007); IBGE (2012)

Região	Método de irrigação												
	Total Geral	Superfície				Aspersão			Localizada			Outros	
		I	S	O	A	P	C	Gs	M	Gss	R	M	
	ha												
BR	6694245	1398506	89599	79494	745532	1420521	1077876	1017358	557542	45659	25899	236258	
NE	1255729	23812	38178	5055	82797	232660	285489	242945	200248	7543	5646	131356	
Sem BR	730202	13966	35485	2707	2288	123065	107230	202950	197799	6105	3767	34843	
Sem MA	919	300	0	0	0	0	235	67	42	0	0	264	
Sem PI	25438	1896	804	42	194	2653	9620	4801	3159	80	149	2041	
Sem CE	103160	6596	1586	331	353	4508	21066	36533	23029	1107	731	7321	
Sem RN	42024	743	706	87	232	1207	9045	22763	5655	200	88	1298	
Sem PB	22038	505	303	105	33	236	9793	4789	3766	244	427	1837	
Sem PE	109079	2161	9464	614	509	1137	11847	31684	41770	1153	449	8293	
Sem AL	2639	25	39	11	55	104	552	831	781	16	32	194	

Sem SE	5620	957	2	3	10	1	1797	1263	1462	14	10	101
Sem BA	275597	484	22041	1317	462	75228	14830	81580	66949	2575	1415	8716
Sem MG	143688	299	539	196	437	37992	28445	18639	51187	716	459	4778

Tabela 5. Área com uso de irrigação: Censo 2017

*Métodos de irrigação: Superfície = irrigação por superfície; Aspersão = irrigação por aspersão; Localizada = irrigação localizada ou microirrigação; Outros = outros métodos de irrigação

**Sistemas de irrigação: I = irrigação por inundação; S = irrigação por sulcos; O = irrigação por corrugação, faixa etc...; A = irrigação por autopropelido/carretel enrolador; P = irrigação por Pivô Central; C = irrigação por aspersão convencional (portátil, semiportátil, fixo, semifixo, canhão hidráulico, malha); Gs = irrigação por gotejamento superficial; M = irrigação por microaspersão; Gss = irrigação por gotejamento subsuperficial; R = irrigação por métodos rústicos de gotejamento (xique-xique, potejamento etc...); M = irrigação por molhação (regas manuais, por meio da utilização de mangueiras, baldes, regadores, latões etc...)

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

Na Tabela 6 é mostrado um resumo das informações obtidas dos três últimos Censos Agropecuários do IBGE onde são apresentadas as áreas totais irrigadas e as áreas irrigadas usando os métodos de irrigação, de acordo com as classificações assumidas pelos autores deste trabalho, no Brasil, na Região Nordeste, no Semiárido Brasileiro e nos estados que o compõem.

Região	Censo Ano										
	1996		2006				2017				
	Área Irrigada										
	(ha)										
	Total	Total	Sup	Asp	Loc	Out	Total	Sup	Asp	Loc	Out
BR	3121642	4545534	1356071	2486447	330774	372244	6694245	1567599	3243929	1646458	236258
NE	751886	1007657	179365	628720	105455	94118	1255729	67045	600946	456382	131356
Sem BR	385267	469728	137844	184258	89372	58255	730202	52158	232583	410621	34843
Sem MA	0	0	0	0	0	0	919	300	235	109	264
Sem PI	5284	10406	3010	4216	869	2075	25438	2742	12467	8189	2041
Sem CE	92451	97967	30978	32782	12675	21531	103160	8513	25927	61400	7321
Sem RN	26160	31108	5895	13866	8837	2509	42024	1536	10484	28706	1298
Sem PB	24540	24295	5270	13582	2733	2560	22038	913	10062	9226	1837
Sem PE	67928	72976	23739	24105	16762	8370	109079	12239	13493	75056	8293
Sem AL	1022	3457	486	1086	480	1061	2639	75	711	1660	194
Sem SE	4108	4277	2127	1777	156	127	5620	962	1808	2749	101
Sem BA	129293	181015	62022	70744	35510	12739	275597	23842	90520	152519	8716

Tabela 6. Áreas irrigadas totais e por métodos de irrigação utilizados no Brasil, na região Nordeste, no Semiárido Brasileiro e nos estados que o compõem: anos de 1996, 2006 e 2017

*Métodos de irrigação: Sup = irrigação por superfície; Asp = irrigação por aspersão; Loc = irrigação localizada ou microirrigação; Out = outros métodos de irrigação

Fonte: IBGE (1998); IBGE (2007); IBGE (2012); IBGE (2018); IBGE (2019)

Com base nos dados analisados dos três últimos Censos Agropecuários (Tabelas 6 e 7) a área irrigada da Região do Semiárido Brasileiro variou de 385267 ha, em 1996, a 730202 ha, em 2017; correspondendo a um acréscimo de 89,53% na área irrigada na Região, nas últimas duas décadas.

Região	Área irrigada			Diferenças			Relações		
	1996 (a)	2006 (b)	2017 (c)	(b-a)	(c-b)	(c-a)	(b/a)	(c/b)	(c/a)
	ha			ha			%		
BR	3121642	4545534	6694245	1423892	2148711	3572603	145,61	147,27	214,45
NE	751886	1007657	1255729	255771	248072	503843	134,02	124,62	167,01
Sem BR	385267	469728	730202	84461	260474	344935	121,92	155,45	189,53
Sem MA	0	0	919	0	919	919	-	-	-
Sem PI	5284	10406	25438	5122	15032	20154	196,93	244,46	481,42
Sem CE	92451	97967	103160	5516	5193	10709	105,97	105,30	111,58
Sem RN	26160	31108	42024	4948	10916	15864	118,91	135,09	160,64
Sem PB	24540	24295	22038	-245	-2257	-2502	99,00	90,71	89,80
Sem PE	67928	72976	109079	5048	36103	41151	107,43	149,47	160,58
Sem AL	1022	3457	2639	2435	-818	1617	338,26	76,34	258,22
Sem SE	4108	4277	5620	169	1343	1512	104,11	131,40	136,81
Sem BA	129293	181015	275597	51722	94582	146304	140,00	152,25	213,16
Sem MG	34481	44228	143688	9747	99460	109207	128,27	324,88	416,72

Tabela 7. Evolução das áreas dos estabelecimentos agropecuários com uso de irrigação no Brasil, na região Nordeste, no Semiárido Brasileiro e nos estados que o compõem: anos de 1996, 2006 e 2017

Fonte: IBGE (1998); IBGE (2007); IBGE (2012); IBGE (2018); IBGE (2019)

Ao observar os dados, verifica-se que as áreas irrigadas de acordo com os métodos de irrigação utilizados (Figura 1) são, atualmente, 52158 ha (irrigação por superfície), 232583 ha (irrigação por aspersão), 410621 ha (irrigação localizada), e 34843 ha (outros métodos de irrigação); representando 7,14%; 31,85%; 56,23% e 4,77% da área total irrigada, respectivamente (Figura 2).

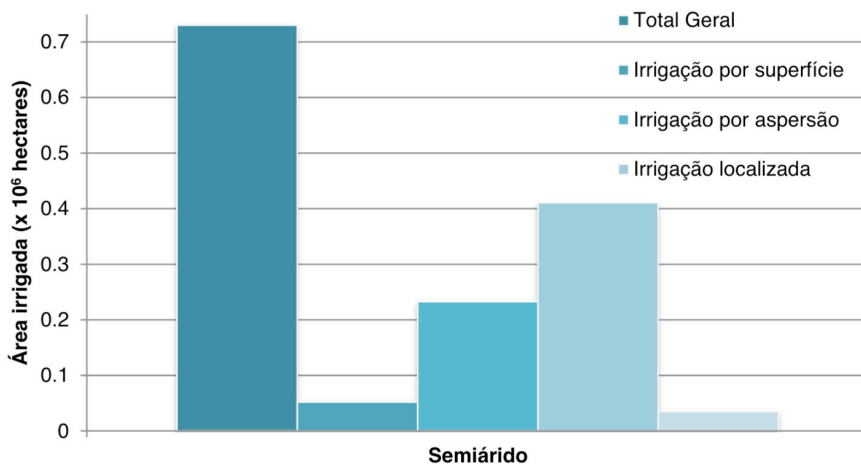


Figura 1. Áreas irrigadas na região do Semiárido Brasileiro no ano de 2017: área total e áreas por métodos utilizados

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

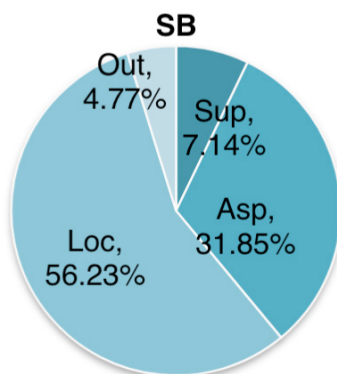


Figura 2. Distribuição dos métodos de irrigação utilizados na região do Semiárido Brasileiro no ano de 2017

*Métodos de irrigação: Sup = irrigação por superfície; Asp = irrigação por aspersão; Loc = irrigação localizada ou microirrigação; Out = outros métodos de irrigação

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

Em comparação com as Grandes Regiões do Brasil a região apresenta uma área irrigada maior que a área da Região Norte, quase o dobro.

Já ao analisar os dados relacionados às regiões semiáridas dos Estados que compõem o Semiárido Brasileiro (Tabelas 6 e 7), pode-se afirmar que, atualmente, a irrigação está mais concentrada em áreas de quatro estados (Figura 3), Bahia, com uma área de 275597 ha, cerca de 38%, Minas Gerais, com 143688 ha, cerca de 20%, Pernambuco, com 109079 ha, cerca de 15%, e Ceará, com 103160 ha, cerca de 14%, totalizando aproximadamente 86% da área total irrigada na região semiárida (Figura 4).

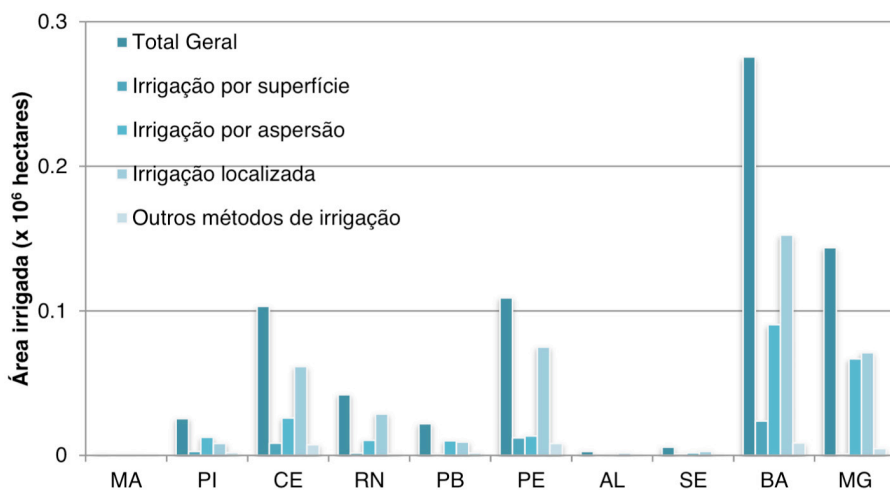


Figura 3. Áreas irrigadas na região semiárida dos Estados que compõem o Semiárido Brasileiro no ano de 2017: área total e áreas por métodos utilizados

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

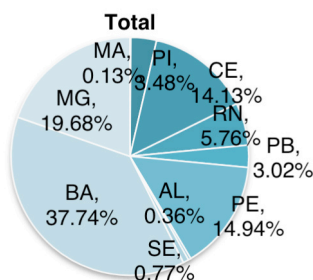


Figura 4. Distribuição da área total irrigada nas regiões semiáridas dos Estados que compõem o Semiárido Brasileiro no ano de 2017

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

A distribuição dos métodos de irrigação utilizados em cada área semiárida das Unidades da Federação que formam a região do Semiárido Brasileiro no ano de 2017 é mostrada na Figura 5.

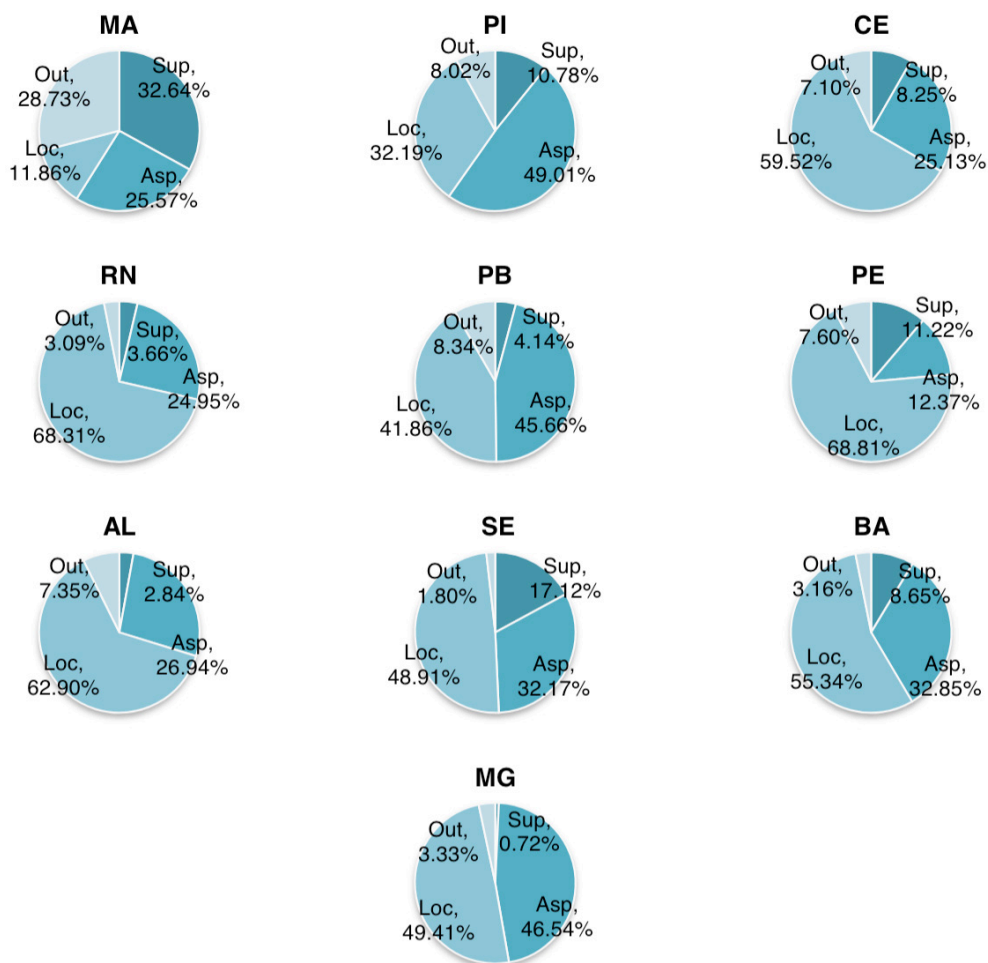


Figura 5. Distribuição dos métodos de irrigação utilizados em cada área semiárida das Unidades da Federação que formam a região do Semiárido Brasileiro no ano de 2017

*Métodos de irrigação: Sup = irrigação por superfície; Asp = irrigação por aspersão; Loc = irrigação localizada ou microirrigação; Out = outros métodos de irrigação

Fonte: IBGE (2018); IBGE (2019)

Quanto às áreas irrigadas de acordo com os métodos de irrigação utilizados, tem-se a irrigação por superfície sendo empregada, principalmente, em áreas dos estados de Bahia (23842 ha), Pernambuco (12239 ha), e Ceará (8513 ha), que corresponde, respectivamente, a 45,71%; 23,47%; e 16,32% da área irrigada com o método no Semiárido Brasileiro.

A irrigação por aspersão é utilizada, principalmente, em áreas dos estados de Bahia (90520 ha), Minas Gerais (66874 ha), Ceará (25927 ha), e Pernambuco (13493 ha), correspondendo a 38,92%; 28,75%; 11,15%, e 5,80%; respectivamente, da área irrigada com o método no Semiárido Brasileiro.

Já a irrigação localizada é utilizada, principalmente, em áreas dos estados de Bahia (152519 ha), Pernambuco (75056 ha), Minas Gerais (71001 ha), Ceará (61400 ha), e Rio Grande do Norte (28706 ha), que equivale, respectivamente, a 37,14%; 18,28%; 17,29%; 14,95%; e 6,99% da área irrigada com o método no Semiárido Brasileiro.

E outros métodos de irrigação são utilizados, principalmente, em áreas dos estados de Bahia (8716 ha), Pernambuco (8293 ha), Ceará (7321 ha), Minas Gerais (4778 ha), e Paraíba (1837 ha), equivalendo a 25,02%; 23,80%; 21,01%; 13,71%; e 5,27%; respectivamente, da área irrigada com o método no Semiárido Brasileiro.

Observa-se também que as regiões semiáridas dos estados de Bahia, Pernambuco, Minas Gerais, Ceará e Rio Grande do Norte apresentam uma área maior de utilização dos métodos de irrigação localizada devido à produção de fruticultura irrigada estar mais concentrada nestas regiões, enquanto que as regiões semiáridas dos estados de Bahia, Minas Gerais, Ceará, Pernambuco e Piauí tem uma área maior de utilização de irrigação por aspersão devido a concentração de áreas irrigadas de produção de cana-de-açúcar e produção de grãos.

Entre os municípios que fazem parte do Semiárido Brasileiro, atualmente com maiores áreas irrigadas, podemos citar dez deles: Juazeiro (BA) (40418 ha), Petrolina (PE) (39357 ha), Barreiras (BA) (31092 ha), Jaíba (MG) (28485 ha), Riachão das Neves (BA) (17627 ha), Ipu (CE) (15800 ha), Itacarambi (BA) (13242 ha), Almenara (MG) (12623 ha), Grão Mogol (MG) (9664 ha) e Cocos (BA) (9353 ha).

Considerando o estudo realizado pelo Ministério da Integração Nacional (MI), a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) e o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA) (MI, 2014), pode-se concluir que a região do Semiárido Brasileiro apresenta um potencial de expansão efetivo de cerca de 1157000 ha de área irrigável, Já, em ANA (2017) é apresentado outro estudo feito anteriormente do qual se pode concluir que o Semiárido Brasileiro teria uma área potencial para irrigação de 1369000 ha.

Importantes expressões de iniciativas de desenvolvimento regional, notadamente no Semiárido Brasileiro, os perímetros públicos permanecem como importantes polos de irrigação, em especial por seu impacto potencial no balanço hídrico (regiões com baixa disponibilidade hídrica) (ANA, 2017).

Na Tabela 8 são resumidas as informações geradas por IBGE (2020) e SNIRH (2020) para dados atuais de área irrigada de 2015, dados atuais de área irrigada de 2017, e uma projeção tendencial da área irrigada para 2030.

Região	Área irrigada		Relações	
	2015 (a)	2017 (b)	2030 (c)	(c/a)
	ha			%
Brasil	6954709	6694245	10083451	144,99
Nordeste	1171158	1255729	1623237	138,60
Semiárido BR	704852	730202	1131125	160,48
Semiárido MA	3786	919	2944	77,76
Semiárido PI	25358	25438	28173	111,10
Semiárido CE	66695	103160	83033	124,50
Semiárido RN	35107	42024	60904	173,48
Semiárido PB	29149	22038	53755	184,41
Semiárido PE	79950	109079	103436	129,38
Semiárido AL	8506	2639	13109	154,11
Semiárido SE	7861	5620	4494	57,17
Semiárido BA	352766	275597	613751	173,98
Semiárido MG	95674	143688	167526	175,10

Tabela 8. Evolução das áreas com uso de irrigação no Brasil, na região Nordeste, no Semiárido Brasileiro e nos estados que o compõem: anos de 2015, 2017 e 2030

Fonte: IBGE (2020); SNIRH (2020)

Baseado na projeção tendencial, mostrada na Tabela 8, a área irrigada no Semiárido Brasileiro, em 2030, deve atingir 1131125 ha, um acréscimo de aproximadamente 60%, em relação aos dados de 2015, enquanto a Região Nordeste deve crescer cerca de 39%.

As áreas semiáridas dos Estados devem crescer entre 11%, no caso do Piauí, e 84%, no caso da Paraíba, e duas áreas devem diminuir, como o caso do Maranhão e de Sergipe.

4 | CONCLUSÕES

A região do Semiárido Brasileiro possui uma área irrigada de 730202 ha, que significa um crescimento de 89,53%, baseado na diferença entre os censos estudados de 1996 e 2017.

Os métodos de irrigação mais utilizados na região são irrigação localizada e por aspersão, com 56,23% e 31,85% da área irrigada, respectivamente.

A irrigação é mais empregada nas regiões semiáridas de quatro estados, Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, e Ceará, ocupando cerca de 86% da área irrigada na região.

Baseado em projeção tendencial a área irrigada no Semiárido Brasileiro, em 2030, deve ter um acréscimo de cerca de 60%, em relação a dados de 2015, atingindo 1131125 ha.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017. 86p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Número 1, Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1998. 358p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 146p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Segunda apuração. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 774p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. 108p,

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 108p,

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=o-que-e->. Acesso em: 25 mar 2020.

MI, Ministério da Integração Nacional. **Análise territorial para o desenvolvimento da agricultura irrigada no Brasil**. Piracicaba: MI/ESALQ/IICA, 2014. 215p.

SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**. Disponível em: <sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>. Acesso em: 25 mar 2020.

SNIRH, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, Agência Nacional de Águas. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Agricultura Irrigada. Disponível em: <www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acesso-tematico/usos-da-agua>. Acesso em: 25 mar 2020.

DEMANDA HÍDRICA DA CULTURA DO ABACAXI CULTIVAR PÉROLA NO AGRESTE ALAGOANO

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 15/07/2020

Thaís Rayane Gomes da Silva

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/0121048080631433>

Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior

UNESP

Jaboticabal – SP

<http://lattes.cnpq.br/7949757920964231>

Floriano Alcantara Damasceno

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/5630909460924300>

Luis Felipe Ferreira Costa

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/1159841220981746>

Samuel Barbosa Tavares dos Santos

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/6814000166503763>

Márcio Aurélio Lins dos Santos

UFAL

Arapiraca – AL

<http://lattes.cnpq.br/0192590447392368>

RESUMO: O trabalho tem por objetivo desenvolver um estudo da necessidade hídrica da cultura do abacaxi cultivado na região Agreste

de Alagoas através da Evapotranspiração da Cultura (ETc). O experimento foi conduzido Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Arapiraca, no período de setembro de 2017 a junho de 2018. Para determinação da ETc da cultura do abacaxi, foram utilizados cinco lisímetros de drenagem. Os lisímetros foram instalados na área experimental com irrigação localizada, para manter a condição de cultivo. A evapotranspiração da cultura do abacaxi (ETca), foi obtida através de medições feitas diretamente nos lisímetros de drenagem. Já para estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) foram coletados os dados da estação meteorológica automatizada instalada no Campus de Arapiraca, onde foram estimadas através de métodos agrometeorológico: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Blaney-Cridlle, Radiação-FAO e Priestley-Taylor. Os maiores valores de ETo foram os obtidos pelo método padrão de Penman-Monteith, sendo que o método de Hargreaves-Samani não é preciso para estimar a ETo. No caso estudado, o método mais preciso para determinar a ETo foi o de Blaney-Cridlle.

PALAVRAS-CHAVE: abacaxi, lisímetros, evapotranspiração.

WATER DEMAND OF PINEAPPLE CULTURE CULTIVATING PEARL IN THE AGRESTE ALAGOANO

ABSTRACT: The objective of this work is to develop a study of the water requirement of pineapple cultivated in the Agreste region of Alagoas through the Evapotranspiration of Culture (ETc). The experiment was conducted at the Federal University of Alagoas - UFAL,

Arapiraca Campus, from September 2017 to June 2018. Five pineapple lysimeters were used to determine the ET_c of the pineapple crop. The lysimeters were installed in the experimental area with localized irrigation to maintain the cultivation condition. The evapotranspiration of the pineapple crop (ET_{ca}) was obtained through measurements made directly on the drainage lysimeters. In order to estimate the reference evapotranspiration (ET_o), the data of the automated meteorological station installed in the Campus de Arapiraca were collected using agrometeorological methods: Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Blaney-Cridlle, FAO-Radiation and Priestley- Taylor. The highest values of Reference Evapotranspiration (ET_o) were obtained by the standard Penman-Monteith method, and the Hargreaves-Samani method is not accurate to estimate ET_o. In the case studied, the most accurate method to determine ET_o is Blaney-Cridlle.

KEYWORDS: Pineapple, lysimeters, evapotranspiration.

1 | INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é uma planta de clima tropical, pertencente à família Bromeliaceae. Símbolo das regiões tropicais e subtropicais o abacaxi é um fruto que possui grande aceitação ao redor do globo tanto na sua forma natural, quanto industrializado (CRESTANI et al., 2010). Essa espécie vegetal apresenta uma série de estruturas fisiológicas, anatômicas e morfológicas que lhe permite sobreviver em condições adversas e em ambientes com déficit hídrico. Entretanto, quando se trata de produção econômica, o abacaxizeiro torna-se uma planta exigente, requerendo tratamentos culturais adequados e frequentes.

A irrigação é essencial para aumentar a produção, ter melhor padronização dos frutos e melhorar sua qualidade resultando em maior retorno econômico, além de permitir colocar frutos no mercado no período de entressafra e exploração de uma segunda safra (SOUZA et al., 2007).

E tem como consequência positiva, o aumento da produtividade e da rentabilidade. Faz-se necessário levar em consideração a eficiência com a qual as plantas utilizarão esse recurso, tanto quanto à definição da quantidade de água a ser aplicada, quanto ao manejo correto adotado (BENGOZI et al., 2007). A carência de informações sobre o comportamento do abacaxizeiro irrigado nas condições edafoclimáticas, no Brasil e no mundo, evidencia a necessidade de intensificar as pesquisas sobre a cultura.

Nesse sentido, objetivou-se encontrar a demanda hídrica do abacaxizeiro nas condições edafoclimáticas do agreste Alagoano.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Arapiraca, onde possui as seguintes coordenadas geodésicas 9° 45' 58" de latitude sul e 35° 38' 58" de longitude oeste e altitude de 325 m.

Os lisímetros de drenagem, foram distribuídos em um canteiro, que apresentava 5 x 0,50 m de comprimento e largura, respectivamente, os mesmos foram construídos a partir de recipientes plásticos em formato circular com as dimensões de 0,30 x 0,30 m de diâmetro e profundidade respectivamente, que corresponde a uma área de superfície de 0,070 m². O espaçamento entre lisímetros foi de 1 m.

O sistema de drenagem consistiu de tubos de polietileno de 20 mm, instalados na base inferior dos lisímetros e conectados aos recipientes coletores. Antes do preenchimento dos lisímetros com solo, foi colocada uma tela flexível de náilon na saída interna dos drenos para evitar a passagem de sedimentos e possíveis entupimentos na tubulação do sistema de drenagem, e uma camada com 0,02m de espessura de brita com a função de facilitar a drenagem da água para os drenos.

O solo foi retirado e separado em três camadas (0-10, 10-20 e 20-30 cm). Depois, os lisímetros foram preenchidos com o solo, obedecendo aos perfis originais do local, de modo a reproduzir as condições físicas de campo. Após o preenchimento foi colocado um tampão no final de cada tubulação e o solo foi saturado por 24 h, a fim de obter a capacidade de campo. Para a distribuição da água nas linhas de plantio, utilizaram-se reservatórios com capacidade volumétrica de 2 litros contidos em uma estrutura de tubos de polietileno com altura de 1,5 m, a fim de realizar a distribuição por meio de gravidade.

A evapotranspiração da cultura do abacaxi (ET_{ca}) foi obtida através de medições feitas diretamente em cinco lisímetros de drenagem, utilizando o sistema SLIMCAP. A lâmina de irrigação aplicada nos lisímetros foi determinada utilizando a média da diferença de volumes de entrada e saída de água, sendo utilizada a média dos três valores centrais, desprezando os valores extremos (maior e o menor).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de evapotranspiração da cultura obtidos pelo método de Penman Monteith apresentaram uma média de 5,20 mm d⁻¹, máxima de 8,82 mm d⁻¹, mínima de 1,62 mm d⁻¹ e um total de 1342,25 mm, durante todo o período analisado. Para o método de Hargreaves-Samani os valores da E_{T0} apresentaram valor médio de 3,99 mm d⁻¹, máximo de 6,32 mm d⁻¹, mínimo de 1,62 mm d⁻¹ e um total de 1029,79 mm.

Para o método de Radiação-FAO, foi obtido uma média de 4,91 mm d⁻¹, máximo de 8,28 mm d⁻¹, mínimo de 1,18 mm d⁻¹ e um total de 1265,55 mm. Para o método de Blaney-Criddle foi obtida uma média de 4,67 mm d⁻¹, máxima de 7,86 mm d⁻¹, mínima de 1,64 mm d⁻¹ e um total de 1205,89 mm para todo período analisado.

Já o método de Priestley-Taylor foi obtida uma média de 4,47 mm d⁻¹, máxima de 6,53 mm d⁻¹, mínima de 1,64 mm d⁻¹ e um total de 1153,14 mm para todo período analisado (Figura 1).

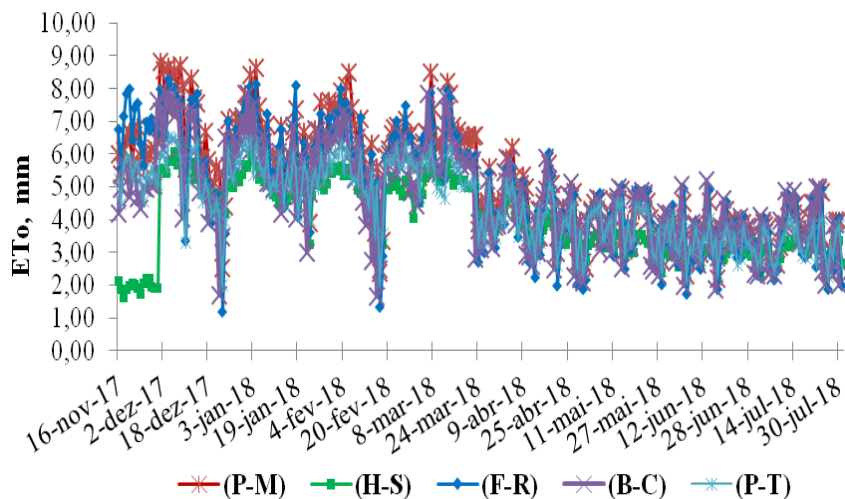


Figura 1. Evapotranspiração de Referência (ETo) pelos Métodos de Penman-Monteith (ETo(P-M)); Hargreaves-Samani (ETo(H-S)); Radiação-FAO (ETo(F-R)); Blaney-Cridlle (ETo(B-C)) e Priestley-Taylor (ETo(P-T)).

Observa-se baixos valores de coeficiente de determinação ($r^2 = 0,61$) para o método de Hargreaves-Samani (H-S), indicando que o método não é preciso para estimar a ETo, corroborando com os resultados de Chagas et al. (2013) no município de Rio Real, Bahia, em que concluíram que o método de Hargreaves-Samani obteve avaliação inferior para todos os critérios de comparação com relação aos demais métodos de estimativa de ETo.

Na Figura 2, nota-se altos valores de coeficiente de determinação ($r^2=0,91$; $0,93$ e $0,9$) para os métodos de Radiação Solar (R-S), Blaney-Cridlle (B-C) e Priestley-Taylor, mostrando a elevada precisão das estimativas da ETo pelos métodos.

Moura et al. (2013) em Vitória de Santo Antão – PE e Mendonça e Dantas (2010), em estudo realizado em Capim-PB, encontraram que o método de radiação Solar apresentou melhor correlação em relação à Penman-Monteith FAO.

O coeficiente angular de ambas as equações apresentam valores menor que 1, indicando que os valores contidos no eixo Y (ETo H-S; ETo R-F; ETo B-C e ETo P-T) são inferiores aos encontrados no eixo X (ETo P-M), evidenciando a subestimação dos valores pelos métodos.

Santos et al. (2016) encontraram que o método de Hargreaves-Samani subestima a ETo no Agreste Alagoano. Lima Junior et al. (2016) no Ceará também encontraram que o método de Hargreaves-Samani subestima a ETo em relação ao método padrão.

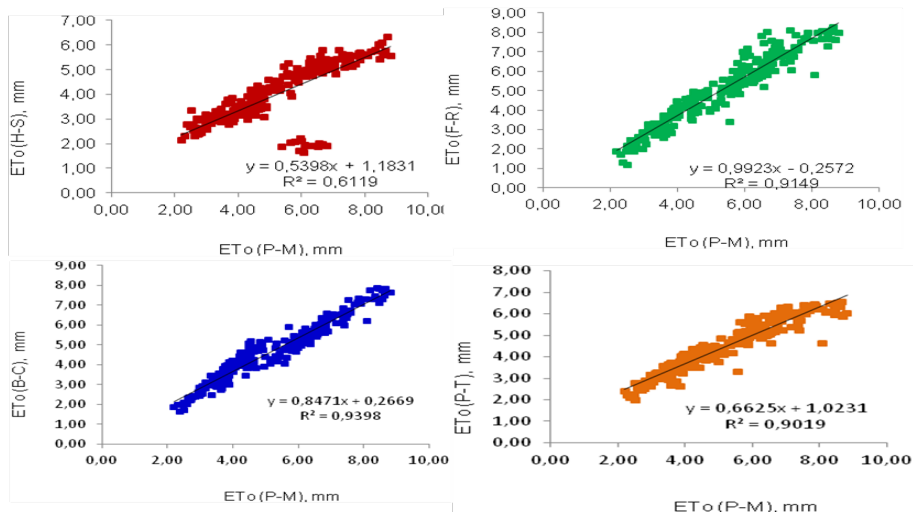


Figura 2. Correlação dos Métodos de Hargreaves-Samani (ET_o(H-S)); Radiação-FAO (ET_o(F-R)); Blaney-Cridle (ET_o(B-C)) com o Método-Padrão de Penman-Monteith (ET_o(P-M)).

4 | CONCLUSÕES

Com isso, apenas o método de Hargreaves-Samani não é indicado para estimar a ET_o nessas condições.

REFERÊNCIAS

BENGOZI, F. J.; et al. **Análise do mercado do abacaxi comercializado na CEAGESP – São Paulo.** Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal – SP, v. 29, n. 3, p. 494-499, 2007.

CHAGAS, R. M.; et al. **Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no município de rio Real - BA.** Irriga, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 351-363, 2013.

CRESTANI, M.; et al. **Das américas para o mundo – origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro.** Ciência Rural, v. 40, n. 6, p. 1473-1483, 2010.

LIMA JUNIOR, J. C.; et al. **Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil.** Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 3, p. 447-454, 2016.

MENDONÇA, E. A.; DANTAS, R. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim, PB.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.14, n.2, p.196-202, 2010.

MOURA, A. R. C.; et al. **Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco – Brasil.** Revista Brasileira de meteorologia, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2013.

SANTOS, C. S.; et al. **Evapotranspiração de referência e coeficiente de cultivo da pimenteira no Agreste Alagoano**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v.10, n°. 5, p. 883 - 892, 2016.

SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V. de. **Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, p.134-141, 2007.

MELÃO IRRIGADO POR GOTEJAMENTO CULTIVADO EM FILEIRAS SIMPLES E DUPLA

Data de aceite: 01/10/2020

José Maria Pinto

Embrapa
Petrolina, PE

Jony E. Yuri

Embrapa
Petrolina, PE

Marcelo Calgato

Embrapa
Petrolina, PE

Rebert Coelho Correia

Embrapa
Petrolina, PE

RESUMO: Realizou-se, no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semiárido, Petrolina PE, um estudo com objetivo de estudar o consumo hídrico em meloeiro amarelo (*Cucumis melo* L.), híbrido Gradial cultivado em fileira simples e fileira dupla de plantas. Os espaçamentos entre plantas nas linhas foram 0,20; 0,30 e 0,50 metros. O sistema de irrigação foi o gotejamento, com espaçamento entre emissores de 0,30 m e vazão do emissor de 1 L.h⁻¹. Espaçamento entre linhas laterais foi de 2 metros. Avaliaram-se produtividades total e comercial, teor de sólidos solúveis totais (TSS), acidez total, pH e consumo hídrico. As produtividades de frutos totais e comerciais do meloeiro para fileiras simples variaram entre 38,36 e 44,40 e 34,53 e 39,72 t ha⁻¹, respectivamente.

Para fileiras duplas, as produtividades totais e comerciais, variaram entre 47,09 e 53,76 e 43,06 e 48,87 t ha⁻¹, respectivamente. Não houve diferenças significativas consumo hídrico e para as características químicas TSS, acidez e pH. Obtiveram-se maiores produtividades para os tratamentos com cultivo em fileiras duplas e espaçamento de 0,2 e 0,3 metros.

PALAVRAS-CHAVE: *Cucumis melo* L., densidade de plantas, qualidade de frutos.

CULTIVATION OF MELON IRRIGATED BY DRIPPING IN SIMPLE AND DOUBLE ROW

ABSTRACT: In the Experimental Field of Bebedouro, belonging to Embrapa Semi-arid, Petrolina PE, a study was carried out to study the water consumption in yellow melon (*Cucumis melo* L.), Gradial hybrid cultivated in single row and double row of plants. Plant row spacing was 0.20; 0.30 and 0.50 meters in the line. The irrigation system was drip, with spacing between emitters of 0.30 m and emitter flow of 1 L.h⁻¹. Spacing between lateral lines was 2 meters. Total and commercial productivity, total soluble solids (TSS), total acidity, pH and water consumption were evaluated. The total and commercial fruit yields of the melon for single rows varied between 38.36 and 44.40; and 34.53 and 39.72 tons ha⁻¹, respectively. For double rows ranged between 47.09; and 53.76 and 43.06 and 48.87 tons ha⁻¹, respectively. There were no differences for the chemical characteristics, TSS, acidity, pH and water consumption. Greater yields were obtained for treatments with double row culture and spacing of 0.2 and 0.3 meters.

KEYWORDS: *Cucumis melo*, plant density, fruit quality.

1 | INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma das espécies oleráceas de maior expressão econômica e social para a região Nordeste do Brasil. Em 2010 foram produzidos no país 478.431 toneladas em 18.861 hectares, que proporcionaram uma produtividade média de 25,4 t ha⁻¹. Destacaram-se como maiores produtores os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco, que contribuíram com 93,3% da produção nacional. Em Pernambuco e na Bahia, a produção concentra-se no Vale do Submédio São Francisco (IBGE, 2015).

A eficiência da irrigação localizada, combinada com a aplicação de nutrientes via água promove a melhoria da eficiência do uso da água e dos fertilizantes, reduzindo perdas dos nutrientes por lixiviação. Também, a aplicação de água em volume ocupado pelo sistema radicular da cultura condiciona melhor controle da concentração de nutrientes no solo, economizando mão-de-obra com capina e energia, quando comparado com outros sistemas de fornecimento de água e fertilizantes às plantas (SOUSA, et al., 2011).

É consenso que a irrigação no Brasil é realizada de forma inadequada, com desperdício de água. Estima-se que de toda a água captada para fins de irrigação, apenas 50% é efetivamente utilizada pelas plantas (CHRISTOFIDIS, 2006). Especificamente em sistemas de irrigação por superfície, estima-se que não mais de 35% da água que é retirada de fontes superficiais ou subterrâneas chega efetivamente às plantas. Segundo Pinto et al. (2012), tal problema ocorre devido a três fatores principais: diminuta utilização de critérios técnicos de manejo na maioria das áreas irrigadas; informações escassas e incompletas disponíveis na literatura de parâmetros para manejo de água e uso de sistemas de irrigação com baixa eficiência de aplicação de água. O desperdício de água verificado, além de aumentar os custos de produção com energia, por exemplo, acarreta custos ambientais pelo comprometimento da disponibilidade de água. Esta situação tem levado vários projetos de irrigação em todo o mundo a uma condição de baixa sustentabilidade econômica e socioambiental.

Um dos fatores apontados para explicar esta baixa produtividade do meloeiro é a densidade de plantio. É utilizada na região de Petrolina, PE e Juazeiro, BA, uma população de 10.000 plantas ha⁻¹, no espaçamento de 2,00 m entre linhas e 0,50 m entre plantas, enquanto no Rio Grande do Norte é empregada a densidade de 20.000 plantas ha⁻¹ (Dias et al., 1998). Os espaçamentos mais comuns adotados pelos produtores são 1,80 ou 2,00 m entre as fileiras e 0,20 até 0,50 m entre plantas (Faria et al., 2000). Outra opção de cultivo com densidade de plantas maiores seria em fileira simples e fileiras duplas. Com adoção do cultivo em fileira dupla reduz o número de linhas laterais pois uma linha lateral irriga duas fileiras de plantas, reduzindo o investimento inicial com o sistema de irrigação por gotejamento.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o consumo hídrico produtividade e características químicas de frutos do meloeiro irrigado por gotejamento cultivado em fileira simples dupla.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com a cultura do meloeiro amarelo (*Cucumis melo* L.), híbrido Gradial, no Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina, PE, pertencente à Embrapa Semiárido. Coletou-se amostra de solo na camada de 0 – 0,20 m, que apresentou as seguintes características químicas: pH: 8,1; matéria orgânica: 22,76 g kg⁻¹; P: 294 mg dm⁻³, K, Ca, Mg, H + Al, Sb: 1,85, 6,9, 3,2, 0, 12,13, cmolc L⁻¹, respectivamente e V: 100%.

Adotou-se dois métodos de cultivo fileira simples e fileira dupla de plantas irrigada por gotejamento. O sistema de irrigação foi o gotejamento, espaçamento entre emissores de 0,30 m e vazão do emissor de 1 Lh⁻¹.

O delineamento estatístico foi em blocos casualizados tipo fatorial (3 x 2), sendo três espaçamentos entre plantas: 0,20, 0,30 e 0,50 metros e dois métodos de cultivos: fileira simples e fileira dupla, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de fileiras de plantas. Adotou-se espaçamento de 2 metros entres linhas de planta. O comprimento da parcela foi de 3 metros.

O cálculo das doses de N, P e K do melão irrigado por gotejamento foi baseado na análise de solo. Aplicou-se 150 kg ha⁻¹ de ureia; 300 kg ha⁻¹ de MAP; 300 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio; 175 kg de nitrato de cálcio e 50 kg de nitrato de magnésio.

O nitrogênio foi aplicado junto com o potássio, três vezes por semana, via água de irrigação, utilizando-se um injetor tipo Venturi de fertilizantes. O MAP, o nitrato de cálcio e o nitrato de magnésio, uma vez por semana, através da fertirrigação, em dias alternados para não misturar o fósforo com o cálcio. A fertirrigação iniciou três dias após germinação e se estendeu por 55 dias. O fósforo, na dose de 40 kg ha⁻¹, foi aplicado em fundação.

As irrigações foram feitas diariamente, calculadas com base no coeficiente de cultivo (Kc), evaporação do tanque classe A e fator de correção devido a cobertura do solo (Kr), determinado pela relação das dimensões dos ramos no sentido transversal às linhas de plantio e espaçamento entre linhas, utilizados por Pinto et al. (1998).

Na colheita, a área foi dividida em quatro parcelas, foram amostrados quatro frutos por parcela para avaliação do teor de sólidos solúveis totais (TSS) - °Brix, acidez total e pH.

A produção, consumo hídrico e as características químicas dos frutos foram submetidas à análise de variância através do teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey à 5 % de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produtividades de frutos totais e comerciais do meloeiro para fileiras simples variaram entre 38,36 e 44,40 e 34,53 e 39,72 t ha⁻¹, respectivamente. Em fileiras duplas variaram entre 47,09 e 53,76 e 43,06 e 48,87 t ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Não houve diferenças significativas para consumo hídrico e características químicas TSS, acidez e pH. Para fileira simples, a maior produtividade foi obtida com o espaçamento de 0,30 metros entre plantas, tanto a produtividade comercial (39,72 t ha⁻¹) quanto a total (44,40 t ha⁻¹). Para fileira dupla, as maiores produtividades foram obtidas com os espaçamentos de 0,20 e 0,30 metros entre plantas, tanto a produtividade comercial quanto a total. Comparando-se fileiras simples com fileiras duplas, observa-se maiores produtividades para fileira dupla, tanto total quanto comercial (Tabela 1).

O consumo hídrico para o ciclo variou entre 380 e 450 mm. Considerando que a produtividade com fileira dupla foi superior, pode recomendar o cultivo em fileira dupla, que usa uma linha lateral para duas fileiras de plantas, reduzindo o número de linhas laterais e consequentemente, o custo do investimento inicial com o sistema de irrigação.

Sistema de cultivo	Fileira simples		Fileira dupla	
Espaçamento entre plantas (m)	Produtividade (t ha ⁻¹)		Produtividade (t ha ⁻¹)	
0,20	41,50Bb	37,16Ab	52,66Aa	46,19Aa
0,30	44,40Aa	39,72Ab	53,76Ab	48,87Ab
0,50	38,36Bb	34,53Bb	47,09Ba	43,60Ba

Tabela 1 Produtividades total e comercial para o meloeiro com irrigação por gotejamento para os espaçamentos de 0,20, 0,30 e 0,50 m com fileiras simples e duplas

* Para cada coluna, as médias seguidas pela mesma letra maiúscula; para cada linha as médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferiram entre si, à 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O valor médio do teor de sólidos solúveis na colheita foi de 11,7 °Brix, em cultivo com fileiras simples e 11,52 para fileiras duplas. Os valores de teor de sólidos solúveis obtidos foram superiores aos encontrados por Menezes et al. (1998). O teor de sólido solúvel mínimo para exportação é 9°Brix, com o valor ideal de 13°Brix.

A acidez total foi de 0,19 %, para fileiras simples e fileiras duplas. Esses valores atendem às exigências do mercado externo. O pH foi de 5,52 para fileira simples e 5,75 para fileiras duplas. Estes valores assemelham-se àqueles obtidos por Seymour et al. (1993). A relação entre teor de sólidos solúveis e acidez total é usada para avaliar tanto o estado de maturação quanto a palatabilidade dos frutos. Se essa relação estiver acima de 25 e a acidez total estiver abaixo de 0,5%, o fruto terá bom sabor e boa coloração.

Os valores encontrados de 62,47 e 0,19 % satisfazem as preferências dos consumidores brasileiros, que preferem frutos mais adocicados e menos ácidos (MENEZES et al., 1998).

4 | CONCLUSÕES

Obtiveram-se maiores produtividades para os tratamentos com cultivo em fileiras duplas e espaçamentos de 0,2 e 0,3 metros.

Não houve diferenças significativas para consumo hídrico e características químicas dos frutos do melão.

REFERÊNCIAS

CHRISTOFIDIS, D. Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, v.69, 70, p.87-97. 2006.

DIAS, R. C. S.; COSTA, N. D.; SILVA, P. C. G.; QUEROZ, M. A.; ZUZA, F.; LEITE, L. A. S.; PESSOA, P. F. A. P.; TARAO, D. A cadeia produtiva do melão no Nordeste. In: CASTRO, A.M.G.; LIMA, S.M. V.; GOEDART, W. J.; FREITAS, FILHO, A.; VASCONCELOS, J. R. P., (Ed.). Cadeia produtiva e sistemas naturais: prospecção tecnológica. Brasília: Embrapa - SPL, 1998. Cap. 17, p. 441- 494

FARIA, C. M. B.; COSTA, N. D.; PINTO, J. M.; BRITO, L. T. L.; SOARES, J.M. Níveis de nitrogênio por fertirrigação e densidade de plantio na cultura do melão em um vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p.491-495, 2000

IBGE Produção Agrícola Municipal. <Disponível em www.sidra.ibge.gov.br> Acessado em 07 abril.2015.

MENEZES, J. B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.; BICALHO, U. O. Caracterização do melão tipo Gália durante a maturação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 2, p. 123-127, 1998.

PINTO, J. M.; BOTEL, T. A.; MACHADO, C. E.; FEITOSA FILHO, J. C. Aplicação de CO₂ via água de irrigação na cultura do melão. **Agro-Ciencia**, Chillan, v. 14, n. 2, p. 317-328, 1998.

PINTO, J. M., COSTA, N. D., YURI, J. E., CALGARO, M., RESENDE, G. M. Cultivo de meloeiro irrigado por gotejamento usando mulching de plástico In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2012, Cascavel, PR. Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Cooperação e Inovação para o Desenvolvimento da Agricultura Irrigada: Anais. Cascavel: ABID, 2012. 1CDROM.

SEYMOUR, G. B.; McGLASSON, W. B. Melons. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 273-290.

SOUSA, V. F.; PINTO, J. M.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; MEDEIROS, J. F.; SANTOS, J. F. Irrigação e fertirrigação na cultura do melão In: Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. In: SOUZA, V. de; MAROUELLI, W. A.; PINTO, J. M.; COELHO, E. F.; COELHO, M. A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. Cap;23, p. 657-687.

PRODUÇÃO E CRESCIMENTO DA ABÓBORA SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO USANDO SISTEMA AUTOMÁTICO

Data de aceite: 01/10/2020

Clinton Gonçalves Moreira

Universidade Federal do Ceará, UFC
Fortaleza, CE

Vladimir Batista Figueirêdo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

Fernando Caio de Freitas Aquino

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

Sérgio Luiz Aguilar Levien

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

Ugo Leonardo Rodrigues Machado

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

RESUMO: A região semiárida do Brasil é afetada pela escassez de água e a abóbora tem importância na alimentação da população. Objetivou-se com este trabalho foi determinar a produção e crescimento da cultura da abóbora submetida a diferentes lâminas de irrigação, e, avaliar a construção de dois Sistemas de Aquisição de Dados (SAD). O experimento foi realizado em casa de vegetação, com a cultura da abóbora Mini Paulista Isabela cultivado, utilizando cinco

tratamentos de lâminas de irrigação, T1=120%, T2=100%, T3=80%, T4=60% e T5=40%, da evapotranspiração da cultura, em quatro repetições, sendo avaliadas as variáveis da planta: Peso Médio Seco da parte aérea (PMS), Área Foliar (AF) e produção média dos frutos por planta (PMF). A AF e o PMF foram afetados pelas lâminas de irrigação, apresentando diferenças significativas dos tratamentos de T1 e T2 sobre os demais tratamentos, enquanto que o PMS não apresentou diferença significativa. O tratamento T2 apresentou PMF superior ao tratamento T5 em aproximadamente 73%. Os SAD e o sensor de umidade utilizado foram eficientes na automação da irrigação, na determinação da umidade do solo, bem como, na estimativa do consumo de água pelas plantas.

PALAVRAS-CHAVE: *Cucurbita moschata* L. Automação da irrigação. Manejo da irrigação.

PRODUCTION AND GROWTH OF PUMP SUBMITTED TO DIFFERENT IRRIGATION DEPTHS USING AUTOMATIC SYSTEM

ABSTRACT: The semi-arid region of Brazil is affected by water scarcity and the pumpkin is important in the population's diet. The objective of this work was to determine the production and growth of the pumpkin crop submitted to different irrigation depths, and to evaluate the construction of two Data Acquisition Systems (SAD). The experiment was carried out in a greenhouse with Mini Paulista Isabela pumpkin cultivated using five irrigation depth treatments, T1 = 120%, T2 = 100%, T3 = 80%, T4 = 60% and T5 = 40. % of crop evapotranspiration in four replications,

and plant variables were evaluated: Average dry weight of shoot (PMS), Leaf Area (AF) and average fruit yield per plant (PMF). AF and PMF were affected by irrigation depths, showing significant differences between T1 and T2 treatments compared to the other treatments, while PMS did not show significant differences. The T2 treatment presented PMF superior to the T5 treatment in approximately 73%. The SAD and the moisture sensor used were efficient in irrigation automation, soil moisture determination, as well as estimation of water consumption by plants.

KEYWORDS: *Cucurbita moschata* L. Irrigation automation. Irrigation management.

1 | INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil, em especial sua porção semiárida, historicamente é afetada pela escassez de água conforme dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), nesta região, o balanço entre a disponibilidade e a demanda dos recursos hídricos superficiais está entre as mais preocupantes do país.

A abóbora (*Cucurbita moschata* L) tem uma ampla participação na alimentação da população brasileira. Na região Nordeste, sua presença é ainda mais notável, visto que toda região apresenta o cultivo desta espécie em larga escala ou em nível de subsistência, aliado a determinações precisas do consumo de água para as culturas irrigadas. Então para melhorar o cultivo de plantas e aumentar sua produtividade, a utilização da automação dos sistemas irrigados aliado a determinações precisas do consumo de água para as culturas, se torna imprescindível (Arruda et al., 2017).

Devido à realidade existente de escassez de água na região, se ver a importância de utilizar esse recurso com precisão, utilizando meios tecnológicos para aperfeiçoar a distribuição de água para as culturas. Dessa forma, pode se utilizar de um sistema de aquisição de dados, a qual se compõe elementos como sensores, transdutores, elemento de processamento de dados, elemento transmissor de dados, elemento sensível primário, elemento armazenador de dados em memória não voláteis, elemento conversor de sinal e elemento de apresentação de dados (Inamasu et al., 1996).

Objetivou-se com este trabalho verificar o crescimento e a produção da cultura da abóbora cultivar Mini Paulista Isabella, cultivada com diferentes lâminas de irrigação, controladas por Sistemas de Aquisição de Dados (SAD) construídos para serem usados como controlador de irrigação, registrador e armazenador de dados de sensores de umidade do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Campus Central da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, localizado no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, 5° 03' 37" S, 37° 23' 50". O estudo foi realizado em duas etapas, sendo a primeira para construção e calibração de Sistemas de Aquisição de dados (SAD) e a segunda sendo um experimento

em casa de vegetação para determinação da produtividade e crescimento de plantas de abóbora variedade Mini Paulista Isabella, submetidas a diferentes lâminas de irrigação controladas pelos SAD construídos na primeira etapa.

Na primeira etapa, a construção e calibração dos SAD, foi utilizado como componente central a placa de microprocessamento Arduino Mega 2560 R3, bem como de outros componentes como: display de LCD de 20x4 (colunas e linhas), um real time clock (RTC) modelo DS1307, um Shield microSD para cartão de memória, placa fenólica (15 x 25 cm), bornes, jumpers, cabo quatro vias e um regulador de tensão. O primeiro SAD construído (SAD1) foi desenvolvido para fazer medidas de umidade do solo usando o sensor ECHO EC-5 da Decagon® e o segundo SAD construído (SAD2) para fazer o controle das irrigações no experimento. Nesse caso, foi usado para o controlador de irrigação (SAD2) um módulo de relés de 5 Vcc com oito canais e outros microcontroladores, possibilitando o controle de circuitos de altas correntes (até 10A) como motores, permitindo também o controle de válvulas solenóides para setorizar as áreas de irrigação. Em todos esses componentes foram usados componentes eletrônicos discretos comumente utilizados em eletrônica e condicionadores de sinais elétricos.

Durante esta primeira etapa, foram realizados em todos os componentes dos SAD construídos, os pré-testes de continuidade dos sinais elétricos coletados (corrente elétrica, tensão elétrica, sinal digital, etc.) e dos dados armazenados. Para o sensor ECHO EC-5 foi usado a equação descrita abaixo de acordo com o manual do fabricante, em que a alimentação (excitação elétrica) fornecida ao sensor deve ser de precisos 2500 mV.

$$\Theta_v = 0,00119 \cdot T - 0,401 \quad (1)$$

em que:

Θ_v - Umidade volumétrica do solo, (cm^3/cm^3);

T - Tensão elétrica lida no sensor, (mV).

Então, nesse caso se construiu um regulador de tensão para fornecer essa tensão ao sensor, instalado no SAD1.

Na segunda etapa, no experimento com a abóbora realizado em casa de vegetação, as plantas foram cultivadas em vasos de 25 litros, num espaçamento de 0,50m x 0,80m, utilizando o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizados, constituído por cinco tratamentos (T) e quatro repetições. Os tratamentos adotados foram cinco lâminas de irrigação, determinada pelo cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c) (Allen et al. 2009), usando o SAD2 para controlar cada lâmina de irrigação, sendo estas: 120% da ET_c (T1), 100% da ET_c (T2), 80% da ET_c (T3), 60% da ET_c (T4) e 40% da ET_c (T5). Os elementos meteorológicos como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção do vento e a radiação incidente (radiação global), necessários para a estimativa da

evapotranspiração de referência (ET_o) e ET_c, foram registrados pela estação meteorológica instalado dentro da casa de vegetação.

Para a análise de crescimento, usou-se amostras de plantas de cada tratamento para determinação do Peso da Matéria Seca total (PMS), sendo coletadas ao final do ciclo da cultura, aos 76 dias após o plantio (DAP), nas quatro repetições. A Área Foliar (AF) foi determinada com a medida do comprimento (C) e da largura da folha média (L) de acordo com Nascimento et al. (2002), além da contabilização do número de folhas (NF) para essa estimativa, aos dias 24, 38, 45, 56 e 70 DAP, em três repetições de cada tratamento.

A análise de produção foi realizada ao final do experimento, onde os frutos foram colhidos e pesados aos 76 DAP, sendo medido o número de frutos por planta e o Peso Médio do Fruto (PMF) por planta, nas quatro repetições de cada tratamento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 pode ser observado os SAD construídos, mostrando os componentes como o Arduino, display, relógio, cartão de memória, placa de relé e materiais utilizados normalmente em eletrônica.

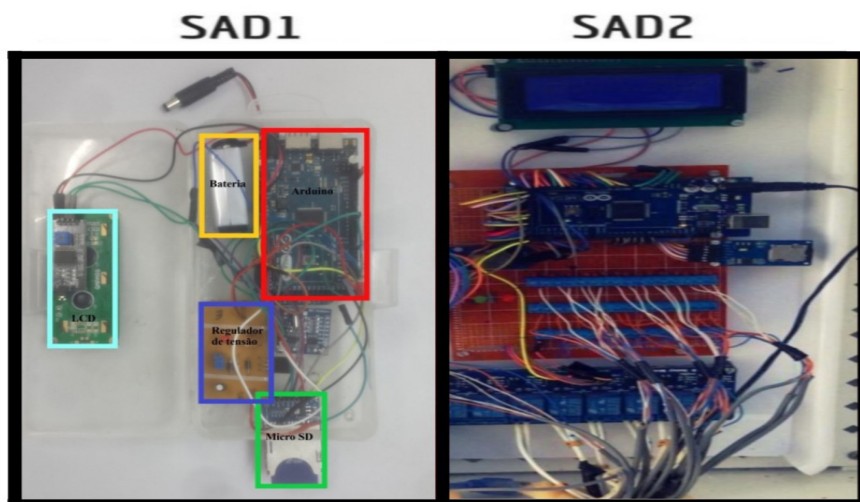


Figura 1. SAD's construído mostrando os componentes utilizados

Os testes realizados nos SAD construídos mostraram que esses equipamentos, em conjunto com os sensores, podem ser utilizados para minimizar os problemas dos erros de leituras que ocorrem comumente no manejo das irrigações no campo.

Durante a segunda etapa, verificou-se que mesmo na falta de energia ocorridas, o controlador de irrigação funcionou adequadamente, sem atrasos ou adiantamentos nos horários para a abertura/fechamento das válvulas elétricas de irrigação. Como vantagens do controlador de irrigação construído, não ocorre nenhuma restrição na programação de horários e de dias de irrigação, podendo ser alterado minuto a minuto, bem se pode acionar várias válvulas ao mesmo tempo e desligá-las em tempos diferentes. Recomenda-se instalar conjuntos motobombas monofásicos de até 5 CV para esse controlador. Na maioria dos controladores vendidos atualmente, para que este faça os mesmos procedimentos ditos anteriormente, o custo do equipamento se torna bastante elevado.

Na Figura 2, são apresentados a evapotranspiração da cultura estimado pelo método Penman-Monteith-FAO (ETc-FAO), e as lâminas de irrigação aplicadas (Irrig.), durante o período do ciclo da planta (DAP), na segunda etapa do trabalho.

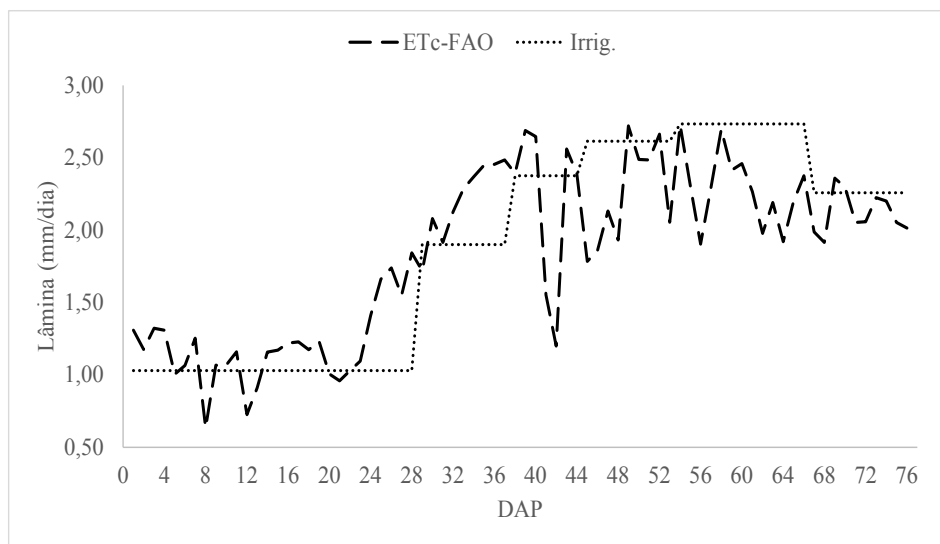


Figura 2. Evapotranspiração determinada pelo método da FAO-Penman-Monteith (ETc-FAO) e lâmina de irrigação aplicada (Irrig.), durante o ciclo da cultura

Observa-se que as irrigações acompanharam as lâminas pré-determinadas pelo cálculo da ETc-FAO, comprovando que as lâminas calculadas para a cultura foram estimadas de acordo com sua necessidade. No final do experimento a lâmina total aplicada de irrigação foi de 144,19 mm e a lâmina estimada pela ETc-FAO foi de 139,81 mm. Dessa forma, verifica-se que a lâmina aplicada no tratamento de T2 (100%), nas condições do experimento realizado em casa de vegetação, excedeu em apenas 4,38 mm a lâmina de irrigação estimada pelo método comumente realizado (ETc-FAO). Esse fato pode ter como justificativas, o próprio cultivo em casa de vegetação, a condição de alta frequência de

irrigação realizada, já que era irrigado duas vezes ao dia, pela escolha adequada dos coeficientes de cultivo basais escolhidos para a estimativa da ETC-FAO, e , provavelmente, aos bons tratamentos culturais realizados durante a pesquisa.

Na Figura 3, pode ser visto a umidade volumétrica do solo ao longo do dia nos diferentes tratamentos, onde o tratamento T1 sempre teve uma umidade do solo mais elevada, visto que era o tratamento com a maior lâmina (120% da ETC) e o T5 que tinha uma lâmina de 40% em relação a ETC, teve uma umidade volumétrica menor em relação a todos os tratamentos.

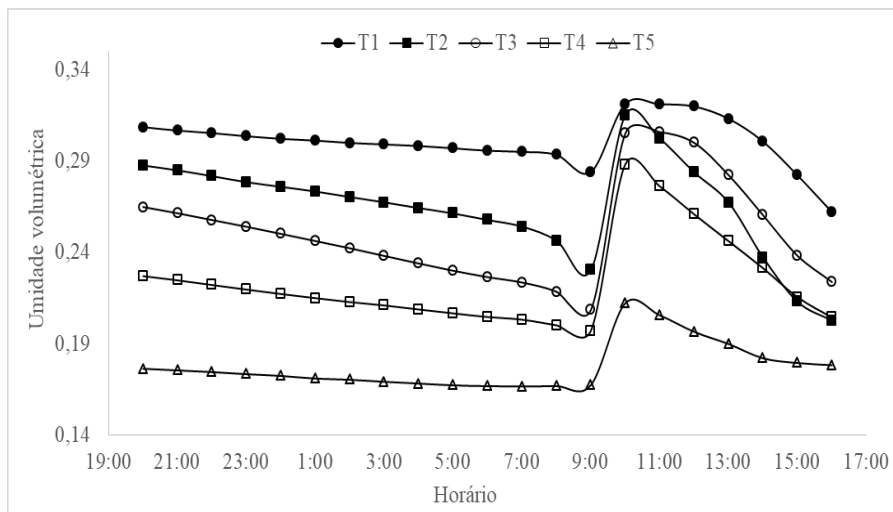


Figura 3. Medidas de umidade volumétrica do solo, realizadas pelo sensor ECHO EC-5, coletadas no SAD1 durante um dia em cada tratamento.

Às 9:00h todos os tratamentos apresentam comportamento semelhante, tendo uma elevação significativa nas suas respectivas umidades do solo, visto que é um dos horários de irrigação. Ao final do experimento, utilizado a média no período do T1 como parâmetro de comparação entre as médias dos demais tratamentos, verificou-se que o tratamento T1 foi superior ao T2 em 11,94%, com relação ao T3 em 16,45%, com relação ao T4 de 25,61% e ao T5 em 40,86%, respectivamente.

Na Tabela 1 pode ser visto a ANAVA da AF em cm^2 , PMS em gramas e PMF em gramas. Houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade entre os tratamentos para a AF e o PMF. Com relação ao PMS nos tratamentos, não houve diferença estatística. Para a AF verificou-se que o tratamento T2 apresentou média igual ao T1 e superior aos demais. Já para o PMF, os tratamentos T1 e T2 foram também significativamente iguais, mas superiores aos demais. Esses resultados concordam com Reichardt & Tim (2008) que afirmam que as plantas tendem a diminuir seu crescimento e produtividade com o estresse

hídrico. Nas diferenças obtidas entre os pesos médios dos frutos quando submetidos aos diferentes tratamentos observou-se que, o tratamento T2 foi estatisticamente igual ao T1, porém superiores ao T3, T4 e T5. Tendo como parâmetro numérico de comparação, o peso médio dos frutos do T2, podemos verificar que o mesmo apresentou 10,1% superior ao T1, 50,0% em relação ao T3, 68,2% ao T4 e 72,7% ao T5, evidenciando que mesmo que os tratamentos T1 e T2 sendo significativamente iguais; houve ainda uma redução do PMF devido ao excesso de água (T1) e ao déficit de água (T3, T4 e T5). Os resultados apresentados acima foram obtidos com a aplicação dos tratamentos de lâminas de irrigação, controlando a aplicação dessas lâminas pelo controlador de irrigação do SAD1 construído.

Fonte de variação	G.L	Estatística F		Fonte de variação	G.L	Estatística F	
		AF				PMS	PMF
TRAT	4	30,566**		TRAT	4	2,823 ^{ns}	30,855**
Bloco	2	0,561 ^{ns}		Blocos	3	1,846 ^{ns}	0,801 ^{ns}
DAP	4	111,705**		Resíduo	12	-	-
TRAT*DAP	16	5,448**		-	-	-	-
Resíduo	48	-		-	-	-	-
Teste Tukey				Teste Tukey			
Lâminas		Médias		Lâminas		Médias	
T1		5286,46a		T1		139,50a 767,00a	
T2		5586,42 ^a		T2		142,00a 852,75a	
T3		4246,45b		T3		106,75a 426,25b	
T4		3611,01bc		T4		93,25a 271,50b	
T5		3475,43c		T5		88,00a 233,00b	

Tabela 1. Resumo da ANAVA da área foliar em cm² (AF) nas cinco datas de coleta (DAP), e, peso da matéria seca (PMS) e peso médio dos frutos (PMF), ambas em gramas.

^{ns} não significativo, ** Significativo a 1% de probabilidade.

4 | CONCLUSÕES

Os Peso médio do fruto e a área foliar foram afetados pelas lâminas de irrigação, apresentando diferença significativa dos tratamentos de 120% da ETC-FAO e 100% da ETC-FAO sobre os demais tratamentos.

O Peso da matéria seca da planta não apresentou diferença estatística entre os tratamentos ao nível de significância de 1%.

O tratamento com a lâmina de 100% apresentou pesos médios dos frutos aproximadamente 72% superior ao tratamento com a lâmina de 40%.

Os SAD e o sensor de umidade ECHO EC-5 da Decagon® demonstraram pelos resultados apresentados serem eficientes na automação da irrigação, na determinação indireta da umidade volumétrica do solo por meio da capacitância, bem como, na estimativa do consumo de água pelas plantas.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. **Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006, 298p. (FAO, Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

ANA, Agência Nacional de Águas. Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada. **ANA**, Brasília, 2017. 86p.

ARRUDA, L. E. V.; FIGUEIRÊDO, V. B.; LEVIEN, S. L. A. MEDEIROS, J. F. Desenvolvimento de um tensiômetro digital com sistema de aquisição e armazenamento de dados. **Revista Irriga**, Botucatu edição especial, p.11-20, 2017.

INAMASU, R. Y.; BERTUCC, I V.; FERREIRA, W. S.; SOTTO, C. A. B.; TORRE NETO, A.; NAIME, J. M.; RABELLO, L. M.; CRUVINEL, P. E.; BERNARDES FILHO, R.; HERMMANN JÚNIOR, P. S. P.; VAZ, C. M. P. Sistema de informação em elementos de aquisição de dados para ambiente agropecuário. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.10, p.1-8, 1996.

NASCIMENTO, I.B.; FARIAS, C.H.A.; SILVA, M.C.C.; MEDEIROS, J.F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M.Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 555-558, dezembro 2002.

REICHARDT, K.; TIM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Editora Manole, 2008. 478 p.

TRANSPIRAÇÃO EM MELOEIRO COM USO DE SENSORES DE FLUXO POR DISSIPAÇÃO TÉRMICA

Data de aceite: 01/10/2020

Nicolly Kalliliny Cavalcanti Silva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

Vladimir Batista Figueirêdo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

Alberto Colombo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

Ana Luiza Veras de Souza

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

Ugo Leonardo Rodrigues Machado

Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
UFERSA
Mossoró, RN

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho estimar a transpiração do meloeiro utilizando sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica (SDT) construídos e calibrados, baseados na metodologia desenvolvida por Granier (1985). O trabalho foi realizado com a cultura do melão em casa de vegetação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA, Mossoró-RN. O delineamento experimental utilizado foi de blocos

inteiramente casualizados, constituído por quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos (T) constituíram-se de sensores SDT construídos com quatro diferentes tamanhos de fios dissipadores (12, 15, 18 e 21 cm), que resultaram em quatro diferentes resistências (T1) 13,2; (T2) 16,5; (T3) 19,8 e (T4) 23,0 Ohm (W), respectivamente, instalados nas plantas de meloeiro cultivadas em vaso. A transpiração das plantas foi estimada também pelo cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc) usando o método da FAO-Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 2006). Os sensores SDT construídos e calibrados para o meloeiro podem ser utilizados na determinação do fluxo de seiva. Os fluxos de seiva estimados pelos sensores construídos apresentaram valores próximos da transpiração da cultura, indicando que os SFDT são adequados para essa medição.

PALAVRAS-CHAVE: *Cucumis melo* L. Manejo da irrigação, Sensor de Granier.

TRANSPIRATION IN MELON WITH THERMAL DISSIPATION FLOW SENSORS

ABSTRACT: The objective of this work was to estimate the transpiration of the melon using thermal dissipation sap flow sensors (SDT) constructed and calibrated, based on the methodology developed by Granier (1985). The work was carried out with the melon crop in a greenhouse at the Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA, Mossoró-RN. The experimental design was completely randomized blocks, consisting of four treatments and three replicates. The treatments (T) consisted of SFDT sensors constructed with four different sizes of

dissipative wires (12, 15, 18 and 21 cm), which resulted in four different resistances (T1) 13.2; (T2) 16.5; (T3) 19.8 and (T4) 23.0 Ohm (W), respectively, installed in vases-grown melon plants. Plant transpiration was also estimated by calculating crop evapotranspiration (ET_c) using the FAO-Penman–Monteith (ALLEN *et al.*, 2006) method. The SDT sensors constructed and calibrated for melon can be used to determine sap flow. The sap flows estimated by the constructed sensors presented values close to the culture transpiration, indicating that the SFDT are suitable for this measurement.

KEYWORDS: *Cucumis melo* L. Irrigation management, Sensor of Granier.

1 | INTRODUÇÃO

O meloeiro é umas das principais culturas da região Nordeste, sendo os estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Pernambuco e Piauí os maiores produtores dessa fruta, responsáveis por 89,5% da produção nacional. Os estados do RN e CE foram responsáveis, em 2012, por 66,6% da produção nacional, com destaque para a microrregião do polo Açu-Mossoró/RN, com participação individual de 41,16% (IBGE, 2018).

Embora encontre condições favoráveis a seu cultivo, a produção de melão no semiárido nordestino somente é viável com o uso da irrigação, uma vez que as precipitações pluviométricas nessa região não são suficientes para atender a demanda hídrica da cultura.

Portanto, o conhecimento da necessidade hídrica de uma cultura permite não apenas a produção de frutos de alta qualidade, mas contribui também para a otimização dos recursos hídricos, da energia elétrica e dos equipamentos de irrigação. Embora existam diversos métodos para estimar o consumo de água pelas culturas, a avaliação dos seus desempenhos em cada espécie ainda continua sendo objeto de estudo.

Devido a isto, nas últimas décadas, pesquisas vêm sendo realizadas utilizando técnicas conhecidas como “métodos térmicos” que vêm demonstrando bons resultados para estimativas da transpiração de culturas. Dentre esses métodos, a sonda de dissipação térmica desenvolvida por Granier (1985) destaca-se por apresentar princípios físicos simples e possibilidade de ser aplicado diretamente no campo sem alterar as condições fisiológicas e micrometeorológicas da planta (PIMENTEL *et al.*, 2010).

Entretanto, o método de dissipação térmica tem sido estudado principalmente em frutíferas lenhosas (DELGADO-ROJAS *et al.*, 2007; REIS *et al.*, 2009; VELLAME *et al.*, 2009; PIMENTEL *et al.*, 2010; PINTO JÚNIOR *et al.*, 2013).

A estimativa do fluxo de seiva combinado às medidas de evaporação do solo podem ser ferramentas importantes no manejo da irrigação, todavia a utilização de equipamentos novos ou com aplicabilidade em situações diferentes das recomendadas por seus desenvolvedores faz-se necessário a validação desses em campo. Dessa forma, objetivou-se por meio desse trabalho estimar o fluxo de seiva na cultura do meloeiro, com a utilização de sensores de fluxo por dissipação térmica.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais - DCAF da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRS, no município de Mossoró-RN, situada em 5°02'37"S e 37°33'50". De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do grupo BSw^h, isto é, tropical semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média de 27,4°C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1989).

Os sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica (SDT) utilizados no experimento foram construídos conforme a metodologia desenvolvida por Granier (1985) com adaptações para serem utilizados em plantas de pequeno diâmetro de caule, como o meloeiro, uma vez que todo o conjunto (termopar + resistência) foi inserido no interior da agulha, tornando-o compacto, mais resistente ao manuseio e a inserção e/ou remoção na planta, sem causar danos aos elementos do circuito devido à exposição às variações climáticas e à resistência dos tecidos vasculares da planta.

Na construção do SDT foram utilizadas 2 agulhas hipodérmicas com 8 mm de comprimento e 1,2 mm de diâmetro e no interior de cada agulha foi inserida a junção de dois fios do termopar, um de cobre e um de constantan, formando duas sondas de temperatura, sendo que, em uma das sondas foi enrolado um fio de constantan em volta do termopar, formando uma sonda dissipadora de calor. No interior de cada sonda foi inserida pasta térmica para uniformizar o calor em volta da sonda que se encontra dentro da agulha. As duas sondas de temperatura foram conectadas em série para compor o SDT.

Foram construídos no total 12 sensores de dissipação térmica, resultado de 4 tamanhos de fios dissipadores (12, 15, 18 e 21 cm que proporcionam resistências de 13,2; 16,5; 19,8 e 23,0 Ω , respectivamente), com três repetições.

Para a estimativa do fluxo de seiva da cultura do meloeiro pelo método da SDT, considerou-se toda a seção transversal do caule como a área efetiva do xilema (AS), uma vez que os caules das plantas avaliadas apresentavam diâmetros médios de 1 cm. A área foliar (AF) das plantas foi determinada no final do experimento com o intuito de contabilizar a lâmina transpirada (mm dia^{-1}), através da relação do volume de água transpirada (L dia^{-1}) pela área foliar (m^2). Para obtenção da AF utilizou-se o método dos discos foliares e calculou-se a área foliar (AF) total de acordo com a metodologia descrita em Rodrigues (2010).

Então o fluxo de seiva foi calculado a partir das equações obtidas pela calibração que, da mesma forma como em Granier (1985), foram obtidos em função das diferenças de temperatura máximas e atuais, de acordo com a equação abaixo:

$$K = \frac{\Delta T_m - \Delta T}{\Delta T} = \alpha \cdot u^\beta \quad (1)$$

em que:

K - coeficiente adimensional;

ΔT_m - diferença máxima de temperatura ($^{\circ}\text{C}$);

ΔT^r - diferença de temperatura real ($^{\circ}\text{C}$);

u - densidade de fluxo (em 10^{-6} m s^{-1});

α e β - coeficientes de ajuste do modelo.

Com o objetivo de determinar a equação que relaciona o fluxo de seiva da planta e as diferenças de temperatura determinadas pelo SDT, foi realizada em laboratório a calibração, que consistiu na obtenção do fluxo numa secção de caule de 10 cm de comprimento e diâmetro de 0,8 cm, ao qual uma de suas extremidades foi conectada a uma mangueira de $\frac{1}{2}$ ", onde a outra extremidade da mangueira foi conectada na saída de uma bomba de calibração.

A bomba utilizada é uma específica para calibração de manômetro do tipo Bourdon (Tecnovip Equipamentos de Medição Ltda.), sendo esse mecanismo composto de um manômetro analógico padronizado, sistema de vasos comunicantes, reservatório para fluido e timão. Desta forma, a água era pressurizada através da mangueira conectada ao caule e, coletada na outra extremidade do caule por uma proveta calibrada em 0,2 mL, contabilizando-se o tempo de coleta.

Ao mesmo tempo foram realizadas as leituras da diferença de temperatura na sonda SDT registradas por um datalogger modelo CR1000 da Campbell Scientific Inc. Foram aplicadas as pressões de 10, 20, 30, 40 e 50 kPa, para a determinação dos fluxos coletados em todos os sensores construídos para cada tratamento, sendo que, pressões acima de 50 kPa causaram vazamento no sistema. O teste de calibração foi repetido 3 vezes.

Após a construção e calibração dos SDT, foi então instalado o experimento em casa de vegetação, com plantas de meloeiro cv. Ouro, cultivadas em vasos com capacidade para 20 litros. O espaçamento adotado foi de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. Foram coletadas amostras de solo a fim de caracterizá-lo quimicamente e promover a adubação e fertirrigação conforme recomendação para a cultura. O cultivo foi realizado utilizando espaldeiras verticais de 1,5 m de altura, com fios do tipo fitilho, presos e esticados por mourões espaçados em 1,0 m na linha de plantio. As plantas foram tutoradas na vertical, presas por fitilhos instalados transversalmente durante todo o seu ciclo. As plantas foram conduzidas com haste única e realizada a polinização artificial (manual) no período da manhã. Durante o ciclo da cultura foram adotadas medidas preventivas para controle de pragas e doenças e as capinas manuais sendo realizadas quando necessário.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, constituído por quatro tratamentos e três repetições, totalizando 12 parcelas avaliadas. Os tratamentos constituíram-se por quatro diferentes tamanhos de fios dissipadores (12, 15,

18 e 21 cm), sendo os tratamentos T1, T2, T3 e T4 com os SDT de resistências de 13,2; 16,5; 19,8 e 23,0 Ω , respectivamente.

As irrigações foram realizadas por meio de um sistema alternativo de irrigação com uso de garrafas pet's de 2 litros com a parte inferior cortada e fixada em mourões a uma altura de 60 cm e ligadas até o vaso por meio de microtubos (espaguetes) conectados a furos no centro da tampa da garrafa. A lâmina de irrigação foi determinada mediante o cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc) pelo método da FAO-Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006), contabilizado apenas pela determinação do coeficiente de cultura basal (Kcb) devido ao vaso ter sido coberto com plástico. Então nesse caso, o cálculo da ETc foi ajustado para se ter apenas a transpiração da planta, isto é, retirou-se do procedimento de cálculo o fator "Ke" (coeficiente de evaporação).

Os elementos meteorológicos como temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e radiação incidente (radiação global), necessários para a estimativa da evapotranspiração de referencia (ETo) e ETc, foram registrados em uma estação meteorológica automática instalada no interior da casa de vegetação, registrados automaticamente através de um sistema de aquisição e armazenamento de dados, "datalogger" da Campbell Scientific, modelo CR1000.

A inserção dos sensores de fluxo de seiva por dissipação térmica (SDT) nas plantas de meloeiro selecionadas foi realizada quando as plantas de melão se encontravam na fase fenológica III (fase de desenvolvimento). Para inserir o sensor, o caule da planta foi perfurado até o centro no sentido transversal, a 5 cm do solo, e o segundo furo a 5 cm acima, de forma sequencial no caule. A localização da inserção do sensor foi determinada de forma que, a temperatura de aquecimento do solo não interferisse nas leituras de temperatura do sensor e que abaixo e/ou entre as sondas não houvesse ramificações.

Os dados foram submetidos à análise de variância onde as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para a obtenção dos coeficientes de ajustes dos modelos das equações de calibração, os dados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o software "R".

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Equações descritas abaixo foram obtidas pela calibração relacionando o coeficiente "K" com a densidade de fluxo "u" (Equação 1) utilizando os sensores construídos para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

$$K = 0,001166 \cdot u^{0,4942} \quad (R^2 = 0,9948^*) \quad (2)$$

$$K = 0,001234 \cdot u^{0,4715} \quad (R^2 = 0,9920^*) \quad (3)$$

$$K = 0,001292 \cdot u^{0,4541} \quad (R^2 = 0,9959^*) \quad (4)$$

$$K = 0,001325 \cdot u^{0,4316} \quad (R^2 = 0,9937^*) \quad (5)$$

Fazendo-se as devidas deduções a partir das equações anteriores, obtiveram-se as equações descritas abaixo, de fluxo de seiva (FS) por dissipação térmica em função de K e a área de seção de fluxo AS (m²) para os mesmos tratamentos, T1, T2, T3 e T4 respectivamente.

$$FS = 0,86204 \cdot K^{2,0235} \cdot AS \quad (6)$$

$$FS = 1,48017 \cdot K^{2,1213} \cdot AS \quad (7)$$

$$FS = 2,29493 \cdot K^{2,2019} \cdot AS \quad (8)$$

$$FS = 4,65839 \cdot K^{2,3171} \cdot AS \quad (9)$$

Nas equações que relaciona o coeficiente K (um coeficiente adimensional que relaciona as diferenças de temperatura) com a densidade de fluxo u (10⁻⁶ m s⁻¹), observa-se que os parâmetros α e β encontrados atingiram ótimos ajustes com R² sempre acima de 99% e significativos (p<0,05). Os parâmetros α e β para as equações de FS, também foram significativos, já que se trata de uma dedução a partir das equações de diferenças de temperaturas (K). Com os dados dos coeficientes “ α ” e “ β ” obtidos abaixo, foi possível estimar os dados de fluxo de seiva com boa precisão.

Verificou-se com as equações obtidas para cada sensor que, existe relação direta entre o fluxo de seiva e as diferenças de temperatura do SDT. As diferenças máximas de temperatura foram observadas com o sensor construído com menor resistência elétrica, pois a potência dissipada por este sensor foi maior. Os tratamentos diferiram entre si com relação aos valores de K e foram iguais com relação aos valores u, o que demonstra que ocorre influência do tamanho do fio dissipador na estimativa de K.

Velhame et al. (2009) salientam que os parâmetros utilizados na calibração da equação de Granier não dependem das características das árvores ou da anatomia da madeira, mas se fundamenta nos princípios físicos que regem a transferência de calor e recomendam assim a calibração do método para espécies em que nunca foram validadas.

Na Figura 1 observa-se a variação dos valores de fluxo de seiva (L dia⁻¹) medidos pelo método de dissipação térmica, a variação da evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo) obtida pelo método de Penman-Monteith dos 46 aos 57 DAE, quando a cultura estava fase fenológica III. Segundo Silva (2008) cada planta tem um comportamento próprio de fluxo de seiva, que pode ser considerado como fonte de erro para qualquer outro método de estimativa de fluxo.

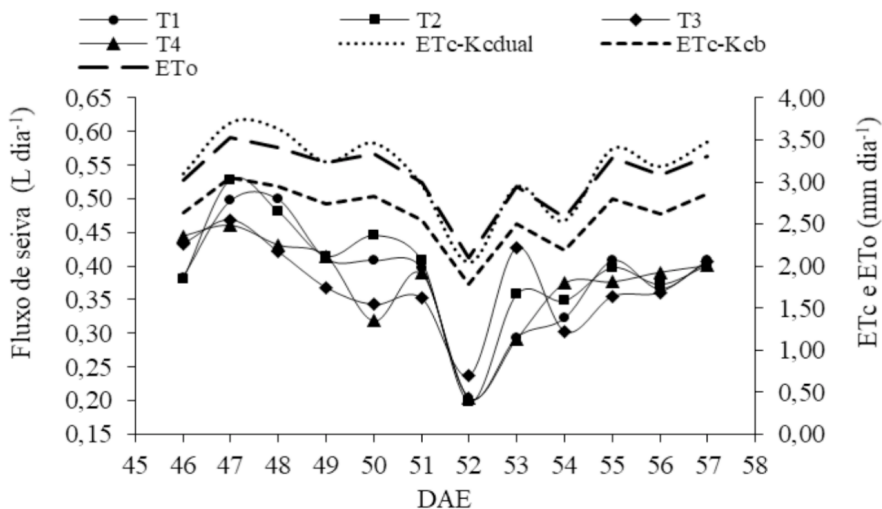


Figura 1. Variação dos valores diários de fluxo de seiva, evapotranspiração da cultura estimada utilizando Kc dual (ETc-Kcdual) e Kc simples (ETc-Kc) e evapotranspiração de referência (ETo) observados durante a fase fenológica III

Percebe-se que o comportamento das curvas de fluxo de seiva medido por todos os sensores foi semelhante às curvas de ETc e ETo estimada pelo método padrão, ou seja, os sensores com fios de constantan como dissipadores de calor de comprimentos de 12, 15, 18 e 24 cm, que causaram resistências elétricas de 13,2; 16,5; 19,8 e 23,0 Ω , respectivamente, apresentaram bons desempenhos para a estimativa do fluxo de seiva. O fluxo de seiva medido por todos os sensores apresentou valores muito próximos entre si, com médias de 0,383, 0,394, 0,373 e 0,375 $L\ dia^{-1}$ para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente. A baixa variabilidade destes resultados pode ser atribuída às diferenças nos tamanhos dos fios dissipadores utilizados na construção dos mesmos.

Ainda na Figura 1 nota-se que a curva que representa os valores de fluxo de seiva medidos por todos os sensores foi semelhante às curvas da ETc estimada pelo método padrão quando utilizou-se tanto o Kcdual como quando utilizou-se o Kcb. Ao transformar o fluxo em transpiração ($mm\ dia^{-1}$), esses valores subestimaram os valores da ETc, especialmente quando foi considerado o coeficiente de evaporação do solo (Ke) no cálculo de ETc (ETc-Kcdual).

Silva (2008), avaliando a transpiração em ramos de cafeeiro no município de Viçosa, MG, também observou que a transpiração seguia o mesmo padrão da evapotranspiração de referência, entretanto, um sensor apresentou valores superiores a ETo e outro inferior. Segundo o mesmo autor, como cada sensor era instalado em plantas diferentes, embora apresentassem as mesmas tendências, cada planta tem um comportamento próprio de

fluxo de seiva, que pode ser considerado como fonte de erro para qualquer outro método de estimativa de fluxo.

Esse comportamento citado acima também foi observado durante esse estudo, quando comparadas as repetições de um mesmo modelo de sensor, na Figura abaixo. A variabilidade de resposta de um mesmo modelo de sensor pode ser justificada também pela confecção manual de cada um, pelo manuseio destes equipamentos na casa de vegetação e ao isolamento térmico do caule.

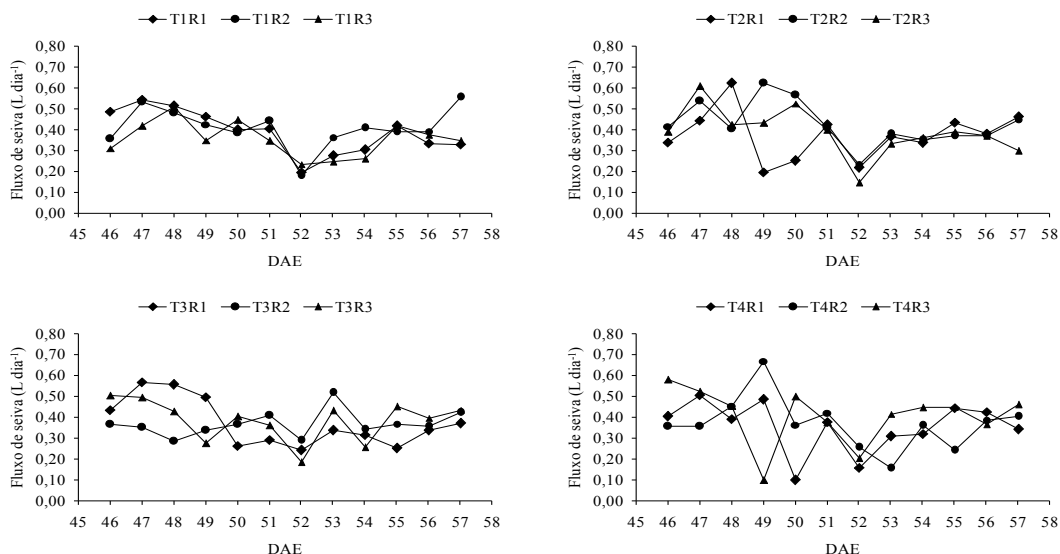


Figura 2 Variabilidade do fluxo de seiva estimado pelos sensores de fluxo de seiva de 12 cm (A), 15 cm (B), 18 cm (C) e 21 cm (D) em suas repetições

A Figura abaixo apresenta a comparação das médias dos valores horários de fluxo de seiva com a média dos valores horários de radiação global (Rg) para o período dos 46 a 57 DAE, é possível observar que o fluxo de seiva estimado pelas equações de calibração para todos os tratamentos também apresentaram comportamento semelhante à radiação solar, fato este detectado por alguns autores (SEIXAS, 2009; VELLAME et al., 2009).

É possível observar que o fluxo de seiva estimado pelas equações de calibração para todos os tratamentos também apresentaram comportamento semelhante à radiação solar, fato este detectado por alguns autores (SEIXAS, 2009; VELLAME et al., 2009).

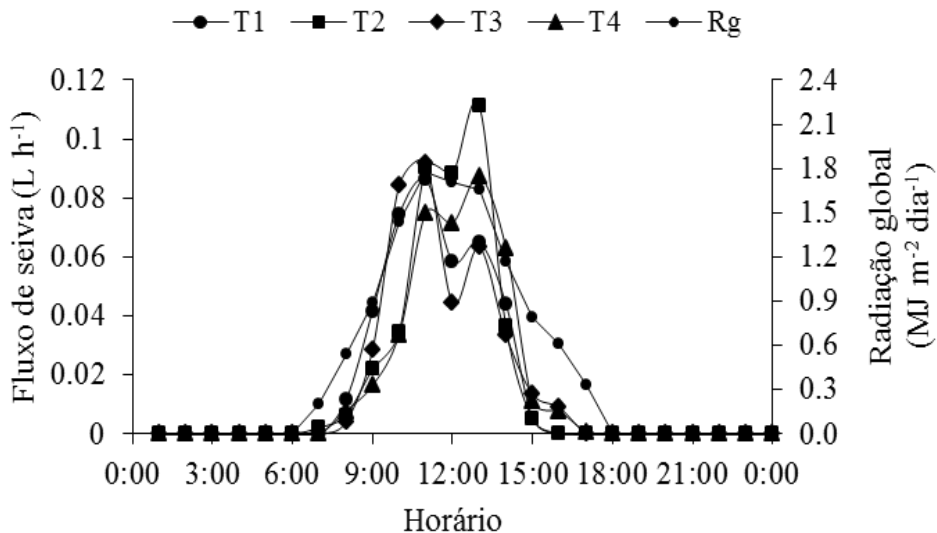


Figura 3. Média das variações dos valores horários de fluxo de seiva ($L h^{-1}$) e Radiação global ($MJ m^{-2} dia^{-1}$) dos 46 aos 58 DAE

4 | CONCLUSÕES

O uso dos sensores SDT construídos e calibrados para o meloeiro podem ser utilizados na determinação do fluxo de seiva.

O fluxo de seiva estimado por todos os sensores construídos, apresentaram valores próximos da transpiração da cultura estimado por método padrão.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; Smith M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. FAO Riego y Drenaje. Paper 56.

CARMO FILHO, F. do; OLIVEIRA, O. F. de. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico** (Coleção Mossoroense, série B). Mossoró: ESAM, 1995. 62p

DELGADO-ROJAS, J.; ANGELOCCI, L. R.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO FILHO, M. A. Desempenho da sonda de dissipação térmica na medida da transpiração de plantas jovens de Lima Ácida. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.404-413, 2007.

GRANIER, A. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de seve brutedans le tronc des arbres. **Annales des Sciences Forestières**, v. 42, n. 2, p. 193-200, 1985.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Produção Agrícola Municipal. Disponível em <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 06 set. 2019.

PIMENTEL, J. S.; SILVA, T. J. A.; BORGES JÚNIOR, J. C. F.; FOLEGATTI, M. V.; MONTENEGRO, A. A. Estimativa da transpiração em cafeeiro utilizando-se sensores de dissipação térmica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.187-195, 2010.

PINTO JÚNIOR, O. B.; VOURLITIS, G. L.; SANCHES, L.; DALMAGRO, H. J.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Transpiração pelo método da sonda de dissipação térmica em floresta de transição Amazônica-Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p. 268-274, 2013.

REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, E.; SOUSA, E. F. Fluxo de seiva xilemática em mamoeiro 'golden' cultivado por microaspersão sobre copa: relações com as variáveis ambientais. **Bragantia**, v.68, p.285-294, 2009.

RODRIGUES, G. S. O. **Crescimento de tomate "marian" em função dos diferentes tipos de cobertura do solo**. 2010.53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

SEIXAS, G. B. **Determinação da transpiração em plantas de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss) utilizando métodos de estimativa de fluxo de seiva**. 2009. 71 p. Dissertação (mestrado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Cuiabá, 2009.

SILVA, M. G. **Desenvolvimento de sensor de fluxo de seiva e de coeficiente indicador de estresse hídrico para plantas de cafeeiro arábica**. 2008. 114 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; PAZ, V. P. S. Transpiração em mangueira pelo método de Granier. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.516-523, 2009.

CAPÍTULO 21

BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR E POTENCIALIDADE DE CANA-ENERGIA

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 03 /08/2020.

Tamara Rocha dos Santos

Universidade Federal de Goiás-Escola de
Agronomia
Goiânia-GO
<http://lattes.cnpq.br/8322529527469152>

Eliana Paula Fernandes Brasil

Universidade Federal de Goiás-Escola de
Agronomia
Goiânia-GO
<http://lattes.cnpq.br/7324619074753727>

Wilson Mozena Leandro

Universidade Federal de Goiás-Escola de
Agronomia
Goiânia-GO
<http://lattes.cnpq.br/9052207260053937>

Aline Assis Cardoso

Universidade Federal de Goiás-Escola de
Agronomia
Goiânia-GO
<http://lattes.cnpq.br/4270933743190484>

Márcio da Silva Santos

Universidade Federal de Goiás-Escola de
Agronomia
Goiânia-GO
<http://lattes.cnpq.br/3606319695141974>

Maryllia Karolyne De Sousa Fernandes

Universidade Federal de Goiás- Escola de
Engenharia Civil e Ambiental
Goiânia-GO
<http://lattes.cnpq.br/7500341299799782>

Larissa Gabriela Marinho da Silva

Universidade Federal de Goiás-Escola de
Agronomia
Goiânia-GO
<http://lattes.cnpq.br/7425959087420871>

Raysa Marques Cardoso

Universidade Federal de Lavras-Departamento
de Ciência do solo
Lavras-MG
<http://lattes.cnpq.br/4423563702003151>

Caio Cesar Magalhães Borges

Universidade Federal de Goiás-Escola de
Agronomia
Goiânia-GO
<http://lattes.cnpq.br/4127657049807677>

Rafaela Shaiane Marques Garcia

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-
Centro de Ciências Agrárias e Biológica
Cruz das Almas-BA
<http://lattes.cnpq.br/9730772856567521>

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi apresentar uma revisão de literatura sobre biomassa de cana-de-açúcar e potencialidade de cana-energia no setor sucroenergético. Para isso, foram utilizados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos acadêmicos publicados em revistas, dissertações, teses e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados, através do banco de dados do Scielo e do Google acadêmico. A busca nos bancos de dados foi utilizada usando as terminologias utilizadas pelos

descritores das ciências exatas e da terra em português e em inglês, além disso, os artigos foram limitados aos anos de 2006 e a 2016. Conclui-se que a biomassa da cana-de-açúcar assim como a cana-energia apresentam grande potencial para o setor sucroenergético no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoramento genético, sucroenergético, *Saccharum spontaneum*.

SUGARCANE BIOMASS AND POTENTIALITIES OF ENERGY-SUGARCANE

ABSTRACT: The objective of this work was to present a literature review on sugarcane biomass and potential of sugarcane in the sugar-energy sector. For that, data from existing academic studies, academic articles published in magazines, dissertations, theses and bulletins from companies and public agencies were used. Scientific articles were selected through the Scielo database and Google academic. The search in the databases was used using the termologies used by the descriptors of the exact and earth sciences in Portuguese and in English, in addition, the articles were limited to the years 2006 and 2016. It is concluded that the sugarcane biomass Sugarcane as well as energy cane have great potential for the sugar-energy sector in Brazil.

KEYWORDS: Genetic improvement, sugar-energy, *Saccharum spontaneum*.

1 | INTRODUÇÃO

No início do século, o melhoramento genético da cana-de-açúcar, passou por grandes transformações, uma vez que, ao se antepor a produção de fibra terão plantas mais rústicas, menos exigentes em solo, clima, água e nutrientes e mais resistentes a pragas e doenças, resultando em maior eficiência energética no seu cultivo, ou seja, maior unidade de energia produzida por energia gasta, se considerada toda a cadeia (output/input), além de menor competição com a produção de alimentos (Matsuoka et al., 2012).

Frente a essas perspectivas a biomassa vegetal moderna merece ênfase, principalmente para os países em desenvolvimento e que possuem terras agricultáveis disponíveis para seu plantio e exploração, por ser bastante versátil em termos de utilização e pelas externalidades positivas intrínsecos à sua utilização, uma vez que, por meio de tecnologias mais efetivas pode proporcionar significativas melhorias sócio-ambientais, tais como a redução dos níveis de poluição, aumento da qualidade de vida, geração de emprego e renda (Violante, 2012).

E no Brasil, a fonte que tem se destacado é a biomassa da cana-de-açúcar, que além do seu gradativo destaque na produção de etanol, seus subprodutos, o bagaço e a palha da cana, assim como a maioria dos resíduos de biomassa obtidos nas práticas agrícolas e industriais, apresentam elevados teores de materiais lignocelulósicos (Dias et al., 2009). A busca pelas novas demandas do setor sucroenergético, o foco na aquisição das futuras cultivares deve ser centralizado no aumento substancial do teor de fibra associado a maior produtividade, sendo intituladas de cana-energia e poderão apresentar mais de 30% de fibra em sua composição (Ramos, 2015).

A cana-energia teve seus cruzamentos realizados para aproveitar mais os descendentes da *Saccharum spontaneum* L., com alto teor de fibra, enquanto a cana-de-açúcar plantada em larga escala no Brasil é resultado de uma série de cruzamentos, mas que possuem a característica marcante da espécie *Saccharum officinarum* L., elevado teor de açúcar e baixa quantidade de fibra (Mariano, 2015). A cana-energia, que tem a fibra como principal elemento, possui cerca de 30 % de fibra e 5 % de açúcar contra 12 % de fibra e 13 % de açúcar da cana-de-açúcar (Tew & Cobill, 2008).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa constitui-se de uma revisão de literatura, no qual foram coletados dados a partir de estudos acadêmicos já existentes, artigos de revistas e boletins de empresas e agências públicas. Os artigos científicos foram selecionados através do banco de dados do Scielo e Google acadêmico. A busca nos bancos de dados foi realizada utilizando as terminologias utilizadas pelos descritores em ciências exatas e da terra em português e inglês, além disso, os artigos foram limitados aos anos de 2006 a 2019.

3 | REVISÃO

3.1 Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene, pertencente ao gênero *Saccharum* e originária do Sudeste da Ásia. Atualmente, a planta é cultivada em todas as regiões tropicais e subtropicais. De maneira geral, a cana possui desenvolvimento em forma de touceira. A parte aérea é formada por colmos, folhas e inflorescências e a parte subterrânea é integrada de rizomas e raízes. É uma planta alógama, pertencente à família Poaceae (Silva, 2012). A cana é uma planta versátil, seja pela grande possibilidade de utilização e pela sua capacidade de adaptação, após a sua domesticação e a evolução do melhoramento genético. Sua produção tem contribuído de forma substancial para o avanço da produção de energia renovável principalmente no que concernem as possibilidades de alteração na composição da matriz energética e a produção de bioenergia (Violante, 2012).

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais relevantes para a produção de açúcar e etanol e, ultimamente, vem se ressaltando como alternativa essencial na produção de biomassa, sendo competitiva economicamente em relação a outras culturas (Brumbley et al., 2007; Silveira, 2014). A expansão desta cultura no Brasil aconteceu a partir da década de 70, porém é cultivada no país desde o período colonial. Desde então, o setor sucroenergético passa por amplas transformações e obtém significativo desenvolvimento tanto na área agrícola como no setor industrial. O grande potencial do Brasil para a produção da cana-de-açúcar ocorre principalmente pelo vasto conhecimento a respeito da cultura, às condições climáticas favoráveis ao seu cultivo e ao desenvolvimento de

pesquisas realizadas por instituições públicas e privadas visando o melhoramento genético (Silva, 2012).

Ultimamente, as progressões tecnológicas no cultivo da cana-de-açúcar proporcionaram o aperfeiçoamento do manejo e a introdução de novas variedades, o que possibilitou a adaptação da cultura em várias regiões do país (Goes et al., 2009). Ao longo do ano, é uma cultura que se adapta bem em diversas regiões do país, apresenta facilidade de manejo. Ressalta-se pela alta produção de matéria seca (MS) por hectare. O alto teor de açúcar na MS, em torno de 40 a 50% está diretamente correlacionado com seu valor nutricional (Koefender et al., 2013). Entre as condições das culturas energéticas estão o fácil cultivo, elevada densidade energética, sem sazonalidade e crescimento em situações de estresse para não disputar com terras de alimentos (Matsuoka, 2014).

A cana pode começar a ser ponderada como fonte de energia ao invés de alimento (Leal, 2014). No início dos programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar a atenção dos melhoristas reincidia particularmente no desenvolvimento de cultivares com elevado teor de sacarose (Loureiro et al., 2011). Para elevar a eficiência energética e a adaptabilidade dos genótipos para uma ampla sucessão de ambientes é considerado por muitos geneticistas como sinônimo de “expansão da base genética”, ou seja, a utilização de germoplasmas diversos (Ming et al., 2006; Matsuoka et al., 2014).

3.2 Cana-Energia

Com amplificação na produção da cana-de-açúcar, houve a necessidade da busca por novas cultivares e espécies diferenciadas quanto ao conteúdo de fibras e açúcares. Desta maneira estão sendo conduzidos múltiplos programas de melhoramento genético de cana-de-açúcar, com intenção de obter cultivares que aumentem a produtividade de energia, na forma de etanol, fibra, entre outros (Marques et al., 2008). A cana-energia é um novo material que surge como alternativa energética frente a cana-de-açúcar convencional, pois esta, apresenta um maior potencial na geração de energia e na produção de etanol de segunda geração.

A “cana-energia” é uma planta que, inversamente à cana-de-açúcar tradicional, melhorada para produzir sacarose, é direcionada para produzir fibra, e que, além disso, por possuir maior participação de espécies ancestrais de maior rusticidade, estão aptas a suportar condições ambientais mais estressantes (Violante, 2012). A cana-energia exhibe potencial para queima em caldeiras, junto a sua palha, alto poder calorífico, o que concebe assim um material entre outras rotas já desenvolvidas para produtos e subprodutos da cana-energia (Silva, 2016).

De acordo com Matsuoka et al. (2012), algumas características da cana-energia foram enumeradas, sendo elas: (i) produz energia renovável, possibilitando a redução de gases do efeito estufa; (ii) alta capacidade de conversão do carbono atmosférico em carbono orgânico na formação de biomassa; (iii) constitui alternativa de diversificação na

matriz energética e redução do consumo de petróleo; (iv) tem alta densidade de energia, ou seja, energética e economicamente é matéria-prima mais eficiente do que aquela de plantas alimentícias; (v) plantas adaptadas às condições de estresse e resistentes aos microrganismos maléficos; (vi) não compete com a produção de alimentos, podendo ser plantada em regiões degradadas ou de expansão, impróprias para outras culturas e pode ser usada no controle de erosões; (vii) apresenta técnicas de exploração dominadas; (viii) a colheita pode ser feita durante todo ano (Período Útil de Industrialização-PUI longo) e seu produto pode ser armazenado para prolongamento do uso; (ix) possibilidade de se obterem formas estéreis, não produtoras de sementes e que assim podem ser produzidas para que a multiplicação seja apenas vegetativa.

A cana-energia é, portanto, composta basicamente por fibras lignocelulósicas, as quais quase sempre necessitam passar por um processo de pré-tratamento para separação, e então utilização, da celulose (Brosse et al., 2011). Para acrescentar o teor de fibra das futuras cultivares, pode-se recorrer a hibridações envolvendo acessos de *Saccharum spontaneum* L. e *Saccharum robustum* Jesw. com as variedades modernas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) (Ming et al., 2006; Silveira, 2014). Isso porque as espécies *S. spontaneum* L. e *S. robustum* Jesw. denotam elevados teores de fibra se comparadas com as cultivares modernas (*Saccharum* spp.). Os acessos dessas espécies apresentam como características principais a elevada resistência a pragas e doenças, alto vigor, além de grande capacidade de perfilhamento (Matsuoka et al., 2014). A cana-energia suporta em torno de sete colheitas até que o solo precise ser manejado novamente para receber um novo plantio, enquanto as colheitas de cana-de-açúcar podem ocorrer em geral quatro vezes até um novo plantio (Salassi et al., 2014).

A contribuição considerável da cana-de-açúcar para a matriz energética pode ser maior com “cana de energia”, já que é planta determinada para a produção total de biomassa em vez de sacarose e algumas fibras excedentes (Matsuoka et al., 2014). Segundo Matsuoka et al. (2016), esta nova variedade revela maior potencial energético, decorre uma cana com alta capacidade produtiva, muito além do que se depara as variedades convencionais.

3.3 Biomassa e Energia

Uma importante fonte de energia renovável é a biomassa, no Brasil, a cana-de-açúcar é uma das principais alternativas para a produção de biomassa, sendo competitiva economicamente em relação a outras culturas (Gomes & Maia, 2013; Silveira, 2014). A maior competitividade da cultura se deve principalmente em função do parque industrial já estar instituído e do relevante número de usinas distribuídas nas diferentes regiões do Brasil, gerando energia elétrica a partir dos resíduos (Dias et al., 2012).

Devido ao grande potencial da cultura, estudos de melhoramento genético vêm sendo realizados com intuito de aumentar a produção de biomassa lignocelulósica (Girio et al., 2010; Kim & Day, 2011).

A biomassa é classificada como toda matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica, podendo ser de origem florestal (madeira), agrícola (soja, arroz, sorgo, cana-de-açúcar, capim napier, entre outras), rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos) (ANEEL, 2012). A utilização da biomassa é uma alternativa mais próspera para a geração de energia, em âmbito econômico e ambiental, a qual responde a demanda de países principalmente com áreas de produção agrícola e clima tropical como o Brasil (Silva, 2016).

Cerca de 15% do peso de cada colmo adulto da cana-de-açúcar é composto por palha, folhas e ponteiros e 40% desse resíduo não é usado na co-geração de energia. A coleta desses resíduos, que ficam no campo após a colheita pode ser encaminhada para a combustão ou na conversão em bioetanol (Carvalho Netto et al., 2014). A escolha das culturas destinadas à produção de energia se dá pela seleção de fontes de biomassa que possam oferecer grande produção de plantas fibrosas em vez de amiláceas e oleaginosas (Sticklen, 2008).

Dentre as biomassas vegetais com desígnio energético, a cana-de-açúcar trata-se de uma cultura sólida, com uma logística expandida em termos de colheita e transporte, certificando-lhe concorrência frente a outras culturas energéticas (Silva, 2016). Além da sua crescente relevância na produção de etanol, seus subprodutos, o bagaço e a palha da cana, assim como a maioria dos resíduos de biomassa obtidos nas atividades agrícolas e industriais, detêm elevados teores de materiais lignocelulósicos, o que faz com que se tornem matérias-primas eficazes na produção de energia (Dias et al., 2009; Silva, 2016).

Com a intenção de produzir variedades de cana com alto teor de fibras celulósicas, surgem projetos com a finalidade de identificar os potenciais genitores e realizar cruzamentos para definir quais as melhores famílias para geração de cana para uso energético (Silveira, 2014).

Para que uma planta seja uma fonte de biomassa apropriada para exploração energética são necessárias as seguintes exigências: ser planta C_4 , rústicas e com alta eficiência na modificação de energia solar em biomassa; ser perenes, para fornecimento de biomassa por longos períodos; ter dossel de longa duração, possibilitando colheita durante a maior parte do ano; possuir técnicas de produção dominadas e com possibilidade de produção em larga escala; colheitabilidade e utilização como fonte energética e exploração sustentável, conforme enumerado por vários autores (Matsuoka et al., 2012; Rubin, 2008; Cortez et al., 2008; Schmer et al., 2008; Sticklen, 2008; Hill et al., 2006).

É necessário considerar também que a sua inserção e utilização compreenda uma abordagem que considere a sustentabilidade ambiental, social e econômica de longo prazo. Assim, a produção de tecnologias de biomassa deve ser aprimoradamente avaliada em relação aos potenciais impactos negativos no ambiente e na saúde humana (Violante, 2012). A redução de insumos sintéticos, com ênfase para o petróleo é um dos grandes desafios da atualidade, principalmente quando se trata da matriz energética. Portanto,

busca-se formas de adaptar a matriz energética de acordo com os recursos disponíveis em cada região, no âmbito da produção de energias renováveis. A utilização da energia presente na biomassa vegetal (bioenergia) retoma, a ser uma das mais importantes alternativas para defrontação de inúmeros problemas relacionados à sustentabilidade e ao suprimento energético, sobretudo para os países tropicais (Matsuoka et al., 2012).

4 | CONCLUSÃO

A biomassa de cana-energia apresenta grande potencial de plantio no Brasil.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 5 jan. de 2020.

BROSSE, N.; MOHAMAD IBRAHIM, M. N.; ABDUL RAHIM, A. **Biomass to /bioethanol: Initiatives of the future for lignin**. International Scholarly Research Network Materials Science, v. 2011, 2011.

BRUMBLEY, S. M.; PURNELL, M. P.; PETRASOUIITS, L.A.; NIELSEN, L. K.; TWINE, P. H. **Developing the sugarcane biofactory for high value biomaterials**. International Sugar Journal, v.109, p.5- 15, 2007.

CARVALHO-NETTO, O. V; BRESSIANI, J. A.; SORIANO, H. L., FIORI, C. S.; SANTOS, J. M.; BARBOSA, G. V.; PEREIRA, G. A. **The potential of the energy cane as the main biomass crop for the cellulosic industry**. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, v. 1, n. 1, p. 20, 2014.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. Caracterização da biomassa. In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas: Editora da UNICAMP. p. 31 – 59. 2008.

DIAS, M. O. S.; ENSINAS, A.V.; NEBRA, S. A.; FILHO, R. M.; ROSELL, C. E. V.; MACIEL, M. R. W. **Production of bioethanol and other bio-based materials from sugarcane bagasse: Integration to conventional bioethanol production process**. Chemical Engineering Research & Design, v. 87, p. 1206-1216, 2009.

DIAS, C. M. O.; CORSATO, C. E.; SANTOS, V. M.; SANTOS, A. F. S. **Indicadores fitotécnicos, de produção e agroindustriais em cana-de-açúcar cultivada sob dois regimes hídricos**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 58-65, 2012.

GIRIO, F. M.; FONSECA, C.; CARVALHEIRO, F. **Hemicelluloses for fuel ethanol: a review**. Bioresource Technology, v. 101, n. 13, p. 4775-4800, 2010.

GOES, T.; ARAÚJO, M.; MARRA, R. **Novas fronteiras tecnológicas da cana-de-açúcar no Brasil**. Revista de política agrícola, Brasília, n. 1, p. 50-59, 2009.

GOMES, C. F. S & MAIA, A. C. C. **Ordenação de alternativas de biomassa utilizando o apoio multicritério à decisão**. Produção, v. 23, n. 3, p. 488-499, jul./set. 2013.

HILL, J.; NELSON, E.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; TIFFANY, D. **Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Washington, v. 103, p. 11206-11210, 2006.

KIM, M.; DAY, D. F. **Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills**. Journal of industrial microbiology & biotechnology, v. 38, n. 7, p. 803-807, 2011.

KOEFENDER, E.; PADILHA, M. T. S.; MELLO, D. F. M.; LUMINA, G. **Enriquecimento da cana-de-açúcar com fontes de nitrogênio em agroecossistemas do norte e noroeste do Paraná**. Cadernos de Agroecologia, Porto Alegre, v. 8, n. 1, 2013.

LEAL, M. L. R. V. **Energy cane**. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). Sugarcane bioethanol — R&D for productivity and sustainability, São Paulo: Edgard Blücher, p.751-760, 2014.

LOUREIRO, M. E.; BARBOSA, M. H. P.; LOPES, F. J. F.; SILVÉRIO, F. O. **Sugarcane Breeding and Selection for more Efficient Biomass Conversion in Cellulosic Ethanol**. In: Buckeridge MS, Goldman GH (ed) Routes to Cellulosic Ethanol. Springer, New York, pp 199-239, 2011.

MARIANO, J. **Cana-energia, a revolução sucroenergética está começando**. NOVA CANA. out, 2015. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energiarevolucao-sucroenergetica-201015/>>. Acesso em: 11 mai, 2019.

MARQUES, M. O.; MACIEL, B. F.; FIGUEIREDO, I. C.; MARQUES, T. A., **Considerações sobre a qualidade da matéria-prima**. In: MARQUES M. O., MUTTON, M. A., NOGUEIRA T. A. R., TASSO JÚNIOR, L. C., NOGUEIRA, G. A., BERNARDI, J. H. Tecnologias na Agroindústria Canavieira. Editora: FCAV p.9-16. 2008, p.319.

MATSUOKA, S.; BRESSIANI, J. A.; MACCHERONI, W.; FOUTO, I. **Bioenergia da Cana**. In: Cana-de-açúcar: Bioenergia, Açúcar e Álcool. (Eds. Santos, F.; Borém, A. e Caldas, C.) 2 ed. Viçosa: UFFV, v.1. p 487-517, 2012.

MATSUOKA, S.; KENNEDY, A. J.; SANTOS, E. G. D.; DOS TOMAZELA, A. L.; RUBIO, L. C. S. **Energy cane: its concept, development, characteristics, and prospects**. Advances in Botany, 1–13, 2014.

MATSUOKA, S.; RUBIO, L.; TOMAZELA, A.; SANTOS, E. **A evolução do Proálcool**. Revista Agroanalysis, Mercado & Negócios, p. 29 - 30, 2016.

MING, R. ;Moore, P. H.; Wu, K. K.; D'Hont, A.; Glaszmann, J. C.; Tew, T. L.; Paterson, A. H. **Sugarcane improvement through breeding and biotechnology**. In: JANICK, J. Plant breeding reviews, New York: John Wiley & Sons, v. 27, p. 15-118, 2006.

RAMOS, R. S. **Seleção de cana-energia**. 2015. 78 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia , Viçosa, 2015.

RUBIN, E. M. **Genomics of cellulosic biofuels**. Nature, v. 454, n. 14, p. 841-845, 2008.

SALASSI, M. E.; BROWN, K.; HILBUN, B. M.; DELIBERTO, M. A.; GRAVOIS, K. A.; MARK, T. B.; FALCONER, L. L. **Farm-Scale Cost of Producing Perennial Energy Cane as a Biofuel Feedstock**. BioEnergy Research, v. 7, n. 2, p. 609-619, 2014.

SAS Institute INC.SAS/STAT™ **SAS user's guide for windows environment**. 6.11 ed. Cary : SAS Institute, 1995.

SCHMER, M.R.; VOGEL, K.P.; MITCHELL, R.B.; PERRIN, R.K. **Net energy of cellulosic ethanol from switchgrass**. PANS 105: p.464-469, 2008.

SILVA, D. G. **Mapeamento genético de marcadores dart (diversity arrays technology) em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

SILVA, S. I. D. S. **Biomassa para geração de energia: eucalipto, cana-energia e bagaço de cana-de-açúcar**. Monografia (Tecnologia em Produção Sucrialcooleira). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2016.

SILVEIRA, L. C. I. **Melhoramento genético da cana-de-açúcar para obtenção de cana energia**. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

STICKLEN, M. B. **Plant genetic engineering for biofuel production: towards affordable cellulosic ethanol**. Nature Reviews, v. 9, p. 433-443, 2008.

TEW, T.L.; COBILL, R.M. **Genetic Improvement of Sugarcane (*Saccharum spp.*) as an Energy Crop**. In: VERMERRIS, W. Genetic Improvement of Bioenergy Crops. Springer New York, 2008. p. 249-272.

VIOLANTE, M. H. S. R. **Potencial de produção de cana-de-açúcar em áreas agrícolas marginais no Brasil**. 112f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Curso de Pós-graduação em Economia, Escola de Economia de São Paulo, São Paulo, 2012.

SOBRE O ORGANIZADOR

LEONARDO TULLIO - Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR, é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE, e atua como professor colaborador na Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG – NUTEAD. Também é revisor de periódicos. Tem experiência na área de Agronomia e Geotecnologia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura Irrigada 2, 2, 6, 8, 17, 19, 57, 65, 81, 94, 124, 126, 137, 143, 148, 156

Águas Salobras 94

Apocynaceae 92, 93, 111, 112, 116

Área Irrigada 4, 6, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 27, 124, 126, 127, 130, 131, 133, 135, 136, 137

Automação da Irrigação 149, 156

B

Bioinvasão 111, 112, 113

C

Citrullus lanatus 1

Cucumis melo L. 144, 145, 146, 157, 158

Cucurbita moschata L. 149, 150

D

Densidade de Plantas 144, 145

Desenvolvimento Sustentável 6, 109, 124

Dimensionamento 21, 32, 46, 48

E

Estimativa 20, 21, 22, 25, 46, 48, 58, 66, 67, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 138, 141, 142, 149, 151, 152, 154, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 166

Estresse 87, 88, 90, 92, 93, 101, 111, 114, 115, 116, 154, 166, 170, 171

Evapotranspiração 3, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 56, 57, 58, 61, 64, 65, 66, 67, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 90, 93, 96, 113, 124, 125, 138, 140, 141, 142, 143, 149, 151, 152, 153, 157, 161, 162, 163

F

Fertirrigação 1, 2, 3, 4, 146, 148, 160

H

Halotolerante 101, 117

I

Inovação Tecnológica 56, 58

Irrigação por Gotejamento 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 32, 33, 34, 41, 44, 46, 47, 65, 96, 129, 130, 145, 147

L

Laterais Inclinadas 32

Laterais Pareadas 32, 34, 35, 39, 43

Linha Lateral 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 46, 47, 48, 145, 147

Lisímetros 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 94, 95, 138, 140

M

Macronutrientes 94, 96, 98, 99

Manejo da Irrigação 3, 21, 58, 67, 120, 149, 157, 158

Melhoramento Genético 168, 169, 170, 171, 175

Métodos de Irrigação 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136

Métodos Empíricos 66, 70, 142

N

Nivelamento 26, 28, 29, 30

P

Penman-monteith 22, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 138, 139, 141, 142, 153, 157, 161, 162

Perda de Carga 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 55

Pluviômetro 20, 22, 56, 58, 63, 64

Poaceae 82, 83, 85, 169

Projeto Hidráulico 26

Q

Qualidade de Frutos 144

R

Recursos Hídricos 6, 8, 19, 124, 126, 137, 148, 150, 158

S

Saccharum spontaneum 168, 169, 171

Salinidade 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 111, 113, 114, 115, 117, 118, 120, 121, 122, 123

Sensor de Granier 157

Substratos Salinos 117

Sucroenergético 167, 168, 169

T

Temperatura 20, 22, 23, 24, 28, 29, 36, 41, 47, 49, 50, 68, 78, 82, 84, 85, 86, 88, 91, 92, 96, 104, 105, 106, 111, 114, 115, 151, 159, 160, 161, 162

Termo Higrômetro 20, 22


Topografia 26, 31

Desenvolvimento de Pesquisa Científica na **Agricultura Irrigada**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Desenvolvimento de Pesquisa Científica na **Agricultura Irrigada**

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 