



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
IRRIGAÇÃO E
DRENAGEM

ITEM

Irrigação e Tecnologia Moderna

Outubro de 2024



Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação | por Everardo Chartuni Mantovani e colaboradores | pág. 16

Água, um bem fundamental | pág. 5

Aplicativo para dimensionamento de sistemas de irrigação localizada | pág. 29



CanScanner



A ABIMAQ

A Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), há mais de 80 anos como entidade representativa do setor, tem como objetivo atuar em favor do fortalecimento da Indústria Nacional. Mobiliza este setor por meio de ações junto às instâncias políticas e econômicas, estimula o comércio e a cooperação internacionais e contribui para aprimorar seu desempenho em termos de tecnologia, capacitação de recursos humanos e modernização gerencial.

A ABIMAQ representa atualmente mais de 9.000 empresas dos mais diferentes segmentos fabricantes de bens de capital mecânicos, cujo desempenho tem impacto direto sobre os demais setores produtivos nacionais e possui mais de 1.600 empresas associadas.



CSEI

Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação

Conheça a CSEI

Criada em 1994, a CSEI é uma das 40 Câmaras Setoriais da ABIMAQ e congrega indústrias que detêm tecnologia na fabricação de equipamentos destinados à irrigação convencional, localizada e mecanizada. Atua em diversos fóruns buscando o desenvolvimento de políticas e ações que promovam e fomentem a agricultura irrigada no Brasil.

REVISTA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – Abid

Nº 127 - Outubro de 2024

ISSN 0102-115X

Tiragem: 500 unidades

Presidente: Sílvio Carlos Ribeiro Viera Lima /
Primeira Vice-presidente: Maria Emília Borges Alves /
Segundo Vice-presidente: Raimundo Rodrigues Gomes Filho

Flávio Gonçalves de Oliveira / Luiz Fabiano Palaretti / João Batista Ribeiro da Silva Reis / Fúlvio Rodriguez Simão / Luís Fernando de Souza Magno Campeche / Priscila Silvério Sleutjes / Catariny Cabral Aleman / Lineu Neiva Rodrigues / Rodrigo Ribeiro Franco Vieira / Jane Maria de Carvalho Silveira / Eusímio Felisbino Fraga Júnior / Marconi Batista Teixeira / Gregório Guirado Faccioli / José Alves Júnior / Bruno Vicente Marques / Daniel Fonseca de Carvalho

Consultora da Abid

Aline Trindade

E-mail: associados@abid.org.br

Tel: (31) 98555-8995

Empresas associadas da Abid

APROFIR – MT, Bauer, Rivulis, Rubicon,

Netafim, Senninger, 3v3

Apoiadoras do XXXIII Conird & da Revista Item

Csei/Abimaq, ROTA da Fruticultura RIDE-DF, Rubicon, CBH PARANÁIBA - ABHA Gestão de Águas, CEIVAP – AGEVAP, CBH PCJ - Consórcio PCJ e CBH São Francisco - Agência Peixe Vivo

Conselho Editorial

Maria Emília Borges Alves / João Batista Ribeiro da Silva Reis / Fúlvio Rodriguez Simão / Everardo Chartuni Mantovani / Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima / Antônio Alfredo Teixeira Mendes / Fernando Antônio Rodriguez / Salassier Bernardo

Comitê Técnico-Científico

Maria Emília Borges Alves / João Batista Ribeiro da Silva Reis / Fúlvio Rodriguez Simão / Gregório Guirado Faccioli / Flávio Gonçalves de Oliveira / Catariny Cabral Aleman / Raimundo Rodrigues Gomes Filho / Aline Trindade / Bruno Vicente Marques / Jane Maria de Carvalho Silveira / Marconi Batista Teixeira / Eusímio Felisbino Fraga Júnior / Daniel Fonseca de Carvalho

Coordenação Técnica

João Batista Ribeiro da Silva Reis / Fúlvio Rodriguez Simão

Contatos

Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid)
Endereço: SCN Quadra 05, Bloco A, Torre Sul - Sala 1308/
CWK – Brasília Shopping,
CEP: 70.715-900 Brasília - DF

Editor executivo

João Batista Ribeiro da Silva Reis

Projeto gráfico e diagramação

Valéria Gedanken

Fotos da capa

Divulgação: Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho (DINC)
Wenderson Araújo – Sistema CNA/Senar

Revisão de texto

João Gustavo Borges Marques

Leia nesta edição

Editorial | 4

Água, um bem fundamental | 5

Notícias | Espaço do leitor | 7

XXXIII Conird | 7

Programação do XXXIII Conird | 8

Programação II da CEEPVasf | 10

II CEEPVasf | 13

Depoimentos referentes aos cursos realizados pela Abid | 14

Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação: otimização do uso da água na agricultura | 16

Aplicativo para dimensionamento de sistemas de irrigação localizada | 29

Avaliação da evapotranspiração na cultura da bananeira irrigada pelo modelo EEFlux | 41

Potencial do sensoriamento remoto na avaliação da uniformidade de irrigação em larga escala | 51

Indicadores técnicos e socioeconômicos para uso sustentável da água na irrigação no semiárido tropical | 59

Colaboraram nesta edição | 70

Observações

Os artigos assinados são de responsabilidade de seus autores, não traduzindo, necessariamente, a opinião da Abid. A reprodução total ou parcial do conteúdo da revista pode ser feita desde que citada a fonte.

As cartas e notícias enviadas à revista ou aos seus responsáveis podem ou não ser publicadas. A redação se reserva o direito de editá-las, buscando não alterar seu teor e preservar a ideia geral do texto.

Este trabalho só se viabilizou graças à dedicação de muitos profissionais e ao apoio de instituições públicas e privadas.

Nossa agricultura irrigada do Brasil continua em crescimento. Sempre pensando em uma gestão dos recursos hídricos com sustentabilidade, buscamos aumentar a produtividade e a eficiência no uso da água no meio rural.

Esta edição da Revista Item surge em um momento-chave, pois, entre os dias 1 e 4 de outubro, acontece o XXXIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird), que neste ano ocorrerá em parceria com a II Conferência sobre Ecofisiologia e Estresse de Plantas do Vale do São Francisco (CEEPVasf), em Petrolina-PE. O Conird é o principal evento sobre irrigação do Brasil, e esta edição do evento contemplará produtores, estudantes (de graduação e pós-graduação), professores, pesquisadores e representantes de órgãos públicos e empresas privadas. O evento contará com uma interessante programação de palestras, minicursos, debates, reuniões e mentorias. Os congressistas terão a oportunidade de realizar visitas técnicas e participar de exposição de trabalhos científicos, homenagens e premiações, além de conhecer equipamentos agrícolas e inovações tecnológicas do setor, entre outras atividades previstas.

Neste número da Revista Item, destaca-se um artigo publicado pelo ex-ministro Roberto Rodrigues, o qual aborda a água como um bem fundamental para o desenvolvimento da humanidade. A revista também dispõe de um espaço para divulgar os próximos eventos que a Abid participará na organização; quanto aos cursos realizados pela associação em 2024, apresentam-se depoimentos de alguns participantes que estiveram presentes nas iniciativas de formação fomentadas.

No que diz respeito à inovação, a seção traz um artigo com a apresentação do Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação e outro sobre um aplicativo para dimensionamento

de sistemas de irrigação localizada. Também possuem destaque, em seção específica, os artigos técnico-científicos, que tratam: da avaliação da evapotranspiração na cultura de bananeira com a utilização de modelagem por imagens de satélites; de estudo sobre o potencial do sensoriamento remoto na avaliação da uniformidade de irrigação; e, por fim, de indicadores técnicos e socioeconômicos para o uso sustentável da água na irrigação no semiárido tropical.

Desejamos, novamente, uma leitura irrigada de interessantes e importantes informações, propiciando frutíferos conhecimentos!



Presidente da Abid: Sílvio Carlos Ribeiro Viera Lima



Diretor de Publicações: João Batista Ribeiro da Silva Reis



Subdiretor de Publicações: Fúlvio Rodriguez Simão

Água, um bem fundamental

Roberto Rodrigues

Artigo publicado na Folha de São Paulo, em 6/12/2008

Todo mundo sabe que um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento sustentável da humanidade é a água. Embora seja um recurso renovável, seu uso mal orientado já vem provocando escassez pelo mundo afora, especialmente nos maiores centros urbanos, como a Grande São Paulo. Portanto, a boa gestão desse recurso natural é fundamental para o bem-estar dos povos.

Cerca de dois terços da água doce do planeta é utilizada para produzir alimentos irrigados. Isso pode parecer que a agricultura consome água que poderia ser utilizada para fins mais nobres, mas não é bem assim: a irrigação usa a água, não a consome. Até 90% da água de irrigação volta rapidamente ao ciclo hidrológico, até mais pura do que era antes. As plantas usam a água para retirar nutrientes do solo e produzir alimentos. Quando a planta completa seu ciclo e o produto é colhido, ela está seca e suas folhas e ramos devolvem a água à natureza. Só o alimento produzido retém a parte restante.

Por outro lado, os campos cultivados sem irrigação aproveitam a água das chuvas, que não seria disponibilizada de outra forma à humanidade. A grande maioria da água da chuva é absorvida pelo solo e apenas uma pequena parte escorre para abastecer rios, lagos e oceanos. Essa porção absorvida pelo solo só fica disponível para plantas e apenas elas a usam. A irrigação complementa a necessidade de água nos períodos secos, garantindo a produção e até o aumento de produtividade por área.

No Brasil, somente 5% da área agricultada é irrigada, mas produz cerca de 16% do volume de alimentos, porque alguns cultivos como feijão,



Roberto Rodrigues

batata, frutas, verduras e legumes só são viáveis com irrigação. Como esses produtos têm valor agregado maior, as áreas irrigadas geram renda alta e, adicionalmente, usam mais mão de obra. O valor da produção irrigada corresponde a mais de 30% do valor total da agricultura, em nosso país.

Desde que corretamente gerenciados, os mananciais para irrigação serão mantidos, aumentando a produtividade agrícola, reduzindo a pressão por mais desmatamento e garantindo alimentação sustentável.

Sendo assim, é absolutamente essencial que se planeje bem o uso da água, para não faltar comida, mas também para os indispensáveis outros fins nas áreas urbanas. Podemos aumentar bastante a área irrigada no Brasil, mas devemos fazê-lo com muito juízo e equilíbrio. O Estado tem papel básico na gestão da água, e já há no país órgãos responsáveis por

ela. Aprimorar seu funcionamento e reduzir a burocracia melhorarão o acesso às modernas tecnologias de irrigação, permitindo mais áreas irrigadas e maior segurança alimentar.

É preciso agilizar o funcionamento do Plano Nacional de Recursos Hídricos (postergado por dez anos) e dar maior clareza aos processos de concessão de outorga de recursos hídricos. Acontece que, dependendo da fonte da água, sua gestão pode ser municipal, estadual ou federal. Como as regras e prioridades são diferentes entre os agentes públicos, cria-se uma rede de exigências complexas e pouco transparentes, dificultando os projetos e até os inibindo.

Simplificar todo esse sistema é imperioso e há boa vontade para isso, dos diferentes responsáveis. Não se pode permitir o uso indiscriminado de um bem tão maravilhoso. Mas também não se deve inviabilizar o aumento da produção de alimentos. O equilíbrio não é tão difícil.

Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/f0612200806.htm>

Roberto Rodrigues

Engenheiro agrônomo e agricultor, doutor honoris causa pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus Jaboticabal, coordenador do Centro de Estudos do Agronegócio (FGV Agro/EESP) e embaixador especial da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (ONU/FAO). Foi professor do Departamento de Economia Rural (DER) da Unesp Jaboticabal, secretário da Agricultura e Abastecimento do estado de São Paulo e ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Participou de inúmeros conselhos empresariais, institucionais e acadêmicos relevantes para a agricultura e o cooperativismo do país.



Foto: Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho (DINC) - Petrolina-PE

XXXIII Conird

A Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) e o Grupo de Estudos em Fisiologia e Estresse de Plantas (GEESP) do Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) realizará, de 1º a 4 de outubro de 2024, o XXXIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird), juntamente com a II Conferência de Ecofisiologia e Estresse de Plantas (CEEPVasf) nas dependências do campus da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), na cidade de Petrolina-PE.

Nessa oportunidade, a comissão organizadora espera a vinda de 600 participantes, entre técnicos, pesquisadores, professores, estudantes de graduação e pós-graduação, produtores rurais, gestores e empresários do setor; de forma geral, são esperadas todas as pessoas interessadas no avanço da aplicação dos conhecimentos da agricultura irrigada nas atividades rurais.

O Conird e a CEEPVasf se constituirão em um fórum multidisciplinar onde se desenvolverão sessões técnicas com trabalhos de contribuição dos associados, trabalhos de convidados, conferências, mesas-redondas, salas de mentorias e consultorias, treinamentos, minicursos e exposições, além de visitas técnicas sobre temas importantes, polêmicos e atuais, representando uma rara oportunidade para a efetiva troca de experiências entre os profissionais de diferentes áreas de atuação e conhecimento. O tema central desta edição é “A era da inovação na agricultura irrigada sustentável”.

Sendo os dois eventos de expressão regional e nacional, o Vale do São Francisco manifesta grande expectativa por parte dos participantes, e também dos organizadores e patrocinadores, em decorrência do êxito dos eventos anteriormente realizados, o que resulta em grande demonstração da importância da pes-

quisa, do ensino e das instituições públicas e privadas para o fortalecimento da agricultura irrigada no Brasil, sendo registrada crescente participação de trabalhos apresentados nos fóruns. Assim, traduz-se em pontos essenciais do evento a própria qualidade do conhecimento e da informação que irá transmitir em seu meio, contribuindo de maneira nobre para o crescimento e para o aperfeiçoamento de profissionais, pesquisadores, acadêmicos, técnicos e demais profissionais de ciências agrárias no país.

Petrolina – em conjunto com os demais municípios pernambucanos de Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Orocó e Cabrobó – e os municípios baianos de Juazeiro, Remanso, Casa Nova, Curaçá e Sobradinho formam o Vale do São Francisco, um dos maiores polos frutícolas do país. A região alcançou seu desenvolvimento através da agricultura irrigada, tornando-se um importante centro de produção de frutas.

Com a realização deste evento, esperamos trazer alguns dos principais especialistas de todas as áreas ligadas ao assunto, de forma que tracem o cenário de suas realidades locais, mas, além disso, apontem os caminhos que devem ser seguidos para que o agronegócio se desenvolva com inovação tecnológica e sustentabilidade, valendo-se da aplicação de conhecimentos técnicos e pesquisas científicas, objetivando maior produtividade, produção mais limpa e conservação do meio ambiente.

O Vale do São Francisco espera todos vocês de braços abertos.

Mais informações podem ser obtidas acessando a página <http://www.ceepvasf.com.br>

Nos encontraremos lá!

Luís Fernando de Souza Magno Campeche
Presidente do XXXIII Conird



XXXIII CONIRD

CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

Programação do XXXIII Conird

"A era da inovação na agricultura irrigada sustentável"

1º/10 (Terça-feira)

Atividades conjuntas entre II CEEPVasf e XXXIII Conird

18h-18h30: Credenciamento

18h30-19h: Solenidade de abertura da II CEEPVasf & do XXXIII Conird

- Profa. Ana Rita Leandro dos Santos (IFSertãoPE)
- Prof. Marcos Martins Masutti (IFSertãoPE)
- Prof. Vespasiano Borges de Paiva Neto (Univasf)
- Prof. Luís Fernando de Souza Magno Campeche (IFSertãoPE)
- Dir. Priscila Sleutjes (Abid)
- Prof. Sílvio Ribeiro Vieira Lima (Abid)

19h30-20h15: Palestra magna - "Ecofisiologia: interações planta-ambiente e os impactos na agricultura"

- Prof. Newton Shun Iti Matsumoto

20h15-21h: Palestra magna - "Agricultura irrigada e sustentabilidade: o caminho sem volta"

- Prof. Everardo Chartuni Mantovani

21h-22h: Homenagens

- Dep. fed. Osvaldo Coelho
Modalidade: Patrono da Irrigação (*in memoriam*)
- Prof. Marcos Vinícius Folegatti (Esalq/USP)
Modalidade: Professor

- Dra. Regina Célia de Matos Pires (IAC)
Modalidade: Pesquisadora

22h-23h: Coquetel e atração cultural: apresentação da artista local Fabiana Santiago

2/10 (Quarta-feira)

Atividades do XXXIII Conird

8h-9h45: Mesa-redonda 1 - Tecnologias inovadoras na agricultura irrigada

- 1: Novas tecnologias: estudo de caso da Bauer
Rodrigo Parada
- 2: Novas tecnologias: estudo de caso da Rivulis
Leandro Lance
- 3: Novas tecnologias: estudo de caso da Rubicon Water -
Eric Rothberg

Moderador: Flávio G. de Oliveira (UFMG/Abid)

9h45-10h: Intervalo - Pausa para o café

10h-11h45: Mesa-redonda 2 - Gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável da agricultura

- 4: Normas, regulamentos e aplicação
Jordana Girardello (CNA)
- 5: Experiência com a bacia do rio Paranaíba
João Ricardo Raiser (CBH Paranaíba)
- 6: Águas subterrâneas e gestão hídrica
Daran Rudnick (Kansas State University)

Moderador: Everardo Chartuni Mantovani (Irriplus/Abid)

11h45-13h: Almoço

13h-14h45: Mesa-redonda 3 – Educação e capacitação para agricultura sustentável

- 7: Estudo de caso da Unesp Botucatu
João Saad
- 8: Oferta de cursos para produtores do Brasil pelo Senar – *Mauro Muzzel*
- 9: Treinamentos e estudo de caso do IAC
Jane Carvalho

Moderador: Eusímio Fraga Júnior (UFU/Abid)

14h45-15h: Intervalo - Pausa para o café

15h-16h45: Mesa-redonda 4 – Panorama da comunicação do setor com a sociedade

- 10: YouTube – *Salomão Medeiros (IFPB)*
- 11: PodIrrigar – *Fernando Tangerino (Unesp Ilha Solteira)*
- 12: Redes sociais difusoras de conhecimento
Otávio Neto (UESB)

Moderador: João Batista Ribeiro da Silva Reis (Epamig/Abid)

16h45-17h: Intervalo

17h-19h: Sessão Pôster 1 – Apresentação de trabalhos

Coordenador científico: Daniel Carvalho (UFRRJ/Abid)

3/10 (Quinta-feira)

Atividades do XXXIII Conird

8h-9h45: Mesa-redonda 5 – Inovação e empreendedorismo na agricultura irrigada

- 13: Tendências e tecnologias nas áreas de cultivos de cobertura e nitrogênio na agricultura irrigada
Chris Proctor (University of Nebraska-Lincoln)
- 14: Inovação e empreendedorismo: Arontech (UFV)
Antônio Marcos Rosado e Renato Valverde
- 15: Evolução empreendedora: estudo de caso da 3V3 – *Michel Freire*

Moderador: Marcus Schmidt (Senninger/Abid)

9h45-10h: Intervalo - Pausa para o café

10h-11h45: Mesa-redonda 6 – Parcerias público-privadas para inovação na agricultura

- 16: SBMI: Estudo de caso de PPP de sucesso
Marcelo Rossi (IFNMG)
- 17: ANA: Análises da Agência Nacional de Águas sobre PPP – *Filipe Sampaio*
- 18: MIDR: Resumo histórico e perspectivas de parcerias futuras – *Giuseppe Serra Seca*

Moderador: Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima (SDE-CE/Abid)

11h45-13h: Almoço

13h-14h45: Mesa-redonda 7 – Desafios e oportunidades para o setor

- 19: Desafios e oportunidades para uma agricultura mais sustentável – *Priscila Sleutjes*
- 20: BioFertirrigação: novo conceito para manuseio de microrganismos benéficos via irrigação – *Luiz Dimenstein*
- 21: Visão da academia sobre desafios e oportunidades – *Catariny Aleman*

Moderador: Afrânio Migliari (Aprofir/CBFP/Abid)

14h45-15h: Intervalo - Pausa para o café

15h-16h45: Mesa-redonda 8 – Agenda 2030 para agricultura irrigada sustentável

- 22: ODS x aplicação
David Sampedro Sánchez (Universidad de Sevilla)
- 23: Impactos, adaptação e vulnerabilidade climática
Javier Tomasella (INPE)
- 24: Metodologias para determinação de índices de sustentabilidade
Gregório Faccioli (UFS)

Moderadora: Maria Emília Borges Alves (Embrapa/Abid)

16h45-17h: Intervalo

17h-19h: Sessão Pôster 2 – Apresentação de trabalhos

Coordenadores científicos: Daniel Carvalho (UFRRJ/Abid) e Marconi Teixeira (IFGoiano/Abid)

4/10 (Sexta-feira)

Atividades do XXXIII Conird

7h-8h20: Visita técnica à fazenda produtora de uvas

8h20-8h50: Intervalo - Lanche e deslocamento

8h50-10h10: Visita técnica

Atividades conjuntas entre II CEEPVasf e XXXIII Conird

10h30-11h: Premiação dos trabalhos apresentados e sorteio de brindes

11h-12h: Encerramento conjunto

Minicursos a serem oferecidos paralelamente, durante os eventos, organizados pelo XXXIII Conird

Quarta-feira à noite

1) Da teoria à prática: sensoriamento remoto para maximizar a eficiência de irrigação

Carga horária: 2 horas

Ministrante: Igor Boninsenha (Sciagri)

Quinta-feira à noite

2) Manejo da irrigação: foco em citricultura

Carga horária: 2 horas

Ministrante: Regina Célia Matos Pires (IAC)

3) Manejo da irrigação: foco em cana de açúcar

Carga horária: 2 horas

Ministrante: Sérgio Veronez (Veronez Projetos e Consultoria)

Sexta-feira pela manhã

4) Fenômenos hidráulicos transitórios: noções básicas

Carga horária: 2 horas

Ministrante: Rodrigo Ribeiro Vieira (Codevasf)

5) Fruticultura irrigada em projetos familiares

Carga horária: 2 horas

Ministrante: Luiz Curado (Rota da Fruticultura)

Programação da II CEEPVasf

1º/10 (Terça-feira)

19h-19h30: Cerimônia de abertura

19h30-20h15: Palestra - "Ecofisiologia: interações planta-ambiente e os impactos na agricultura"

Consultor e pesquisador Newton Shun Iti Matsumoto (sócio administrador da Ruspestris Pesquisa e Consultoria)

20h15-21h: Palestra - "Agricultura irrigada e sustentabilidade: o caminho sem volta"

Prof. Dr. Everardo Chartuni Mantovani (diretor da Irriplus Tecnologia e Consultoria; professor titular da Universidade Federal de Viçosa)

21h-22h: Sessão solene de homenagem

Categoria: Ecofisiologistas de Plantas

Homenageado: Prof. Dr. João Domingos Rodrigues

Categoria: Patrono da Irrigação e Drenagem no semiárido brasileiro

Homenageado: Deputado federal Osvaldo Coelho, representado pela sua filha, sra. Ana Amélia Coelho

22h-23h: Coquetel e atração cultural com apresentação da artista local Fabiana Santiago

2/10 (Quarta-feira)

17h30-18h30: Mezanino

Mostra de trabalhos científicos - "Fruit Happy Hour"

Serão apresentados e apreciados 16 trabalhos enquanto serão servidas frutas e picolés com sabores regionais.

18h30-19h: Café da tarde - Intervalo

19h-19h45: Palestra – “Nutrição mineral e estresses bióticos de plantas”

Prof. Dr. Fabrício de Ávila Rodrigues (professor titular do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa)

19h45-20h30: Palestra – “Ciclo circadiano e metabolismo do amido em plantas”

Profa. Dra. Leticia dos Anjos Silva (professora adjunta e pesquisadora do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará)

20h30-21h: Perguntas sobre as palestras anteriormente apresentadas

3/10 (Quinta-feira)

17h30-18h30: Mezanino

Mostra de trabalhos científicos – “Fruit Happy Hour”

Serão apresentados e apreciados 16 trabalhos enquanto serão servidas frutas e picolés com sabores regionais.

18h30-19h: Café da tarde – Intervalo

19h-19h45: Palestra – “Impactos do clima sobre a cultura do coqueiro: influência do El Niño e La Niña”

Engenheiro agrônomo Jamisson Moura (Consultor e pesquisador da cultura do coqueiro)

19h45-20h30: Palestra – “Variedades de uva de mesa e adaptação aos estresses ambientais: cenário presente e futuro”

Dra. Laise Sousa Moreira (Diretora do Programa de Melhoramento de Plantas, Grapery, Califórnia)

20h30-21h: Perguntas sobre as palestras anteriormente apresentadas

4/10 (Sexta-feira)

8h-8h45: Palestra – “Hormônios vegetais: modulação por sinais do ambiente sob efeitos do El Niño e La Niña”

Prof. Dr. João Domingos Rodrigues (professor titular de Fisiologia Vegetal da Unesp Botucatu)

8h45-9h30: Palestra – “Fisiologia e bioestimulação na mitigação de estresses de plantas”

Prof. Dr. Evandro Binotto Fagan (professor e pesquisador do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM)

9h30-10h: Sessão de perguntas e respostas sobre as palestras anteriormente apresentadas

10h20-10h40: Premiação de três trabalhos científicos apresentados nos dias 2 e 3 de outubro

10h45-11h: Sorteio de brindes

11h-12h: Solenidade de encerramento

INSCRIÇÕES

Acesse o site

www.ceepvasf.com.br

ou acesse pelo QR Code



CALENDÁRIO DE GRANDES EVENTOS Abid 2024/2025

2024

OUTUBRO

1 a 4

XXXIII Conird e II CEEPVasf
Petrolina-PE

OUTUBRO/NOVEMBRO

30/10 a 10/11

**Missão Técnica para Califórnia
Abid & Inovagri**
Califórnia, EUA

2025

FEVEREIRO

**Fórum Internacional sobre
Gestão de Recursos Hídricos**
Brasília-DF

MARÇO

11 a 14

**Encontro Internacional de
Agricultura Irrigada**
Colônia do Sacramento, Uruguai

26 a 28

**Feira de Agricultura Irrigada do
DF - Seagri/DF**
Brasília-DF

MARÇO/ABRIL

**2ª Missão Técnica para
Califórnia**
Califórnia, EUA

Fenicafé
Araguari-MG

ABRIL/MAIO

28/4 a 2/5

**11th Water For Food Global
Conference**
Lincoln, Nebraska, EUA
Agrishow
Ribeirão Preto-SP

26 a 30

**Fórum Brasil das Águas -
REBOB**
João Pessoa-PB

JUNHO

9 a 14

Bahia Farm Show
Luis Eduardo Magalhães-BA

18 a 20

**IV Encontro de Agricultura
Irrigada do Brasil Central**
Cuiabá-MT

AGOSTO

19 a 21

**FiiB - Feira Internacional da
Irrigação Brasil**
Campinas-SP

SETEMBRO

**9º Inovagri International
Meeting e XXXIV Conird**
Fortaleza-CE

II CEEPVasf

Nesse bioma único no mundo que é a caatinga, pode-se presenciar o desenvolvimento de uma agricultura que desafia as condições potencialmente estressantes para as plantas, em diferentes formas de cultivo. No Vale do Submédio São Francisco, importante região agrícola do país inserida na caatinga, a compreensão do desempenho fisiológico das plantas é fator decisivo para a produção agrícola.

A região é banhada pelo rio São Francisco, o que possibilita o uso de tecnologias de irrigação e drenagem, eliminando a dependência das chuvas para se cultivar em qualquer época do ano. Assim, a produção agrícola da região gera empregos, reforça a balança comercial e revela para o mundo o crescente potencial que a agricultura do Vale do São Francisco proporciona, atraindo investimentos em produtos e serviços para atender, com excelência, o cultivo de frutas, legumes, plantas ornamentais, além de outros tipos de atividade agrícola.

Essa condição motivou a criação do Grupo de Estudos em Ecofisiologia e Estresse de Plantas (GEESP) – localizado no Instituto Federal do Sertão Pernambucano, no campus de Petrolina, e em atividade desde março de 2020 –, com o objetivo de promover a integração entre estudantes, profissionais do setor produtivo e da pesquisa científica para compartilhar experiências, difundir conteúdos e apoiar pesquisas aplicadas realizadas por instituições de ensino, consultores e representantes de insumos agrícolas. Desde então, o grupo vem realizando estudos e discussões técnicas sobre temas relacionados a ecofisiologia e estresse de plantas, além de pesquisas aplicadas em atendimento às mais diversas demandas de formação acadêmica e do setor produtivo.

Em 2022, vimos a necessidade de trazer o debate presencial para o Vale do São Francisco, concretizado com a realização da primeira edição da Conferência sobre Ecofisiologia e Estresse de Plantas (I CEEPVasf), um exitoso evento técnico-científico que reuniu mais de 430 participantes na cidade de Petrolina-PE.

Para este ano, a II CEEPVasf acontecerá de 1º a 4 de outubro, na mesma cidade, e contará com uma vasta programação. O evento acontecerá com atividades pela manhã, tarde e noite gra-

ças à nossa parceria com a Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid). Dessa forma, o II CEEPVasf acontecerá junto com o XXXIII Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird), em Petrolina-PE.

Este será um evento presencial que fomenta a educação e estimula a inovação, o conhecimento e a transferência de tecnologias, além do consumo consciente de recursos e das boas práticas de sustentabilidade, tanto na ecofisiologia de plantas quanto na irrigação.

Juntos, a II CEEPVasf e o XXXIII Conird se voltam para produtores, estudantes de graduação e de pós-graduação, professores, pesquisadores e representantes de órgãos públicos, sem distinção de gênero e idade. Nossa previsão é de um público estimado em 700 pessoas, em um evento com acessibilidade e que atenderá diversos segmentos da sociedade, de forma inclusiva.

A programação tratará sobre ecofisiologia, mostrando, sob várias perspectivas, como a planta interage com o ambiente nos mais diversos contextos produtivos. Também discutirá os estresses bióticos frente aos diferentes cenários climáticos, relacionando as respostas das plantas com o manejo nutricional e a fertirrigação.

Além das atividades nos ambientes do Cineteatro da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf) e das palestras sobre os temas referidos, a II CEEPVasf contará com treinamentos, salas de mentoria e visitas técnicas, possibilitando a interação do público com especialistas, além de enriquecedores debates sobre aspectos técnicos da ecofisiologia e do manejo de culturas – como melão, uva, manga, coco, citros, soja, cebola, mirtilo, tomate – e muito mais.

A comissão organizadora vem preparando um grandioso evento na acolhedora cidade de Petrolina e você é nosso convidado!

Inscreva-se pelo site: www.ceepvasf.com.br

Ana Rita Leandro dos Santos
Presidente da II CEEPVasf

Depoimentos referentes aos cursos realizados pela Abid



Curso de montadores realizado pela Abid no Instituto Agrônomo (IAC), em Campinas-SP.



O curso "Softwares para dimensionamento de sistemas de irrigação – aspersão e localizada", promovido pela Abid em parceria com a Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais (Fepaf/Unesp Botucatu), contou com a participação de profissionais, estudantes de graduação e pós-graduação, professores e representantes de empresas e instituições.

Conhecer o programa da AuE Software de irrigação e paisagismo foi uma grata surpresa, pois ele facilita a elaboração de projetos de irrigação e paisagismo de forma integrada em um ambiente amigável e intuitivo, além de contar com uma interface muito detalhada.

No curso também foi apresentado o DIM-SUB, um programa desenvolvido na Universitat de València (Espanha) que é apropriado

para a docência e para a elaboração de pequenos projetos de irrigação, pois é bastante didático e amigável.

Houve uma revisão de conteúdo acerca de hidráulica, hidrodinâmica, Epanet e Lenhsnet, visando ao nivelamento da turma antes da apresentação do UFC, que é um software desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará.

As aplicações práticas do UFC em projetos de adutoras, redes de abastecimento e irrigação foram muito elogiadas, pois mostraram como elaborar projetos de sistemas de irrigação com economia e segurança, fazendo os estudos dos transientes hidráulicos e incluindo alternativas para evitar danos à infraestrutura provenientes do golpe de aríete.

Agradeço aos organizadores, professores e alunos por essa oportunidade.

Antônio Carvalho Feitosa

Engenheiro agrônomo e consultor, especialista em Engenharia de Irrigação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), servidor público aposentado do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), no qual ocupou o cargo de especialista em infraestrutura sênior.



O curso sobre o uso de softwares para sistemas de irrigação – o qual contemplou o uso do Epanet –, promovido com o apoio da Abid, veio em um momento muito oportuno. O professor Pimentel, com toda a sua experiência e muita expertise sobre o tema, contribuiu muito para disseminar o conhecimento sobre esse software, destacando o poder dessa ferramenta para as práticas de agricultura irrigada. Sem dúvidas, é uma atualização profissional para mim importante, já que o programa me auxilia diariamente em minhas atividades junto à instituição em que atuo. Esperamos poder contar ainda mais com a força da Abid em diversos temas da agricultura e do desenvolvimento das pessoas.

Armando Bagagi Bezerra

Engenheiro agrônomo, mestre em Engenharia Agrícola e Irrigação pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), coordenador de operação do Distrito de Irrigação Nilo Coelho (DINC).



Agradeço aos professores e colegas que, durante o curso de uso de softwares para sistemas de irrigação ministrado na Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus Botucatu, proporcionaram muitas trocas de experiências e transmitiram conhecimentos valiosos e de aplicação direta com foco nos princípios, nos conceitos e nas ferramentas de análise dos fenômenos de transientes e seus impactos, além da aplicação de dispositivos de controle e correção em sistemas e redes hidráulicas.

Saio do curso ainda mais convencido da importância de que os estudos dos fenômenos de transientes hidráulicos devem ser parte integrante dos projetos de irrigação e adotados pelos técnicos e projetistas de sistemas irrigados, independentemente do tipo e do tamanho do projeto.

João Laurino Neto

Engenheiro agrônomo, especialista (MBA) em Gestão de Negócios pela Universidade de São Paulo (USP), gerente-geral da Nelson Irrigation no Brasil.

Para 2025, a proposta da Abid é a realização de curso itinerante de formação de montadores de irrigação, que será divulgado oportunamente.

Everardo Chartuni Mantovani
Marcelo Rossi Vicente

Gustavo Haddad Souza Vieira
Gregório Guirado Faccioli

Resumo

A agricultura irrigada é fundamental para atender à crescente demanda mundial por alimentos, porém a manutenção e a ampliação de áreas irrigadas devem ocorrer de forma sustentável, sobretudo considerando as dimensões econômica, social e ambiental. Além de um projeto adequado do ponto de vista de engenharia e de uma solicitação de outorga em base técnica, é importante um bom programa de manejo da irrigação, que leve em consideração a interação entre solo, água, clima, planta, sistema de irrigação e fatores operacionais. Portanto, há uma grande variabilidade espacial e temporal inerente ao processo, sendo necessária a adoção de um suporte técnico para a tomada de decisões adequadas. Este artigo apresenta o Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação (SBMI), uma ferramenta desenvolvida para otimizar o uso da água na agricultura irrigada, a fim de potencializar um melhor entendimento do processo em treinamentos e cursos técnicos na área. O SBMI integra todos os fatores envolvidos no manejo da irrigação, possibilitando a estimativa das necessidades hídricas das culturas e os ajustes necessários na irrigação de forma precisa e sustentável. Com uma interface amigável e acessível, o sistema permite o manejo eficiente das irrigações e a realização de simulações de cenários para distintas culturas, sistemas e critérios de irrigação, sob diferentes condições edafoclimáticas e operacionais. Portanto, o SBMI representa um importante instrumento da política de otimização dos recursos hídricos na agricultura irrigada brasileira.

Palavras-chave: agricultura sustentável; manejo da irrigação; aplicativo web.

Introdução

A agricultura irrigada é uma importante estratégia para aumentar a produção de alimentos em nível nacional e mundial. Atualmente, mais da metade da população mundial depende de alimentos produzidos em áreas irrigadas. O contínuo crescimento da população mundial vem exigindo uma agricultura competitiva e tecnicizada, que possibilite maior produtividade e qualidade dos alimentos.

No cenário atual, em que se tem a agricultura como um setor de grande importância para o crescimento da economia nacional, a irrigação deve ser vista como uma estratégia para o aumento da rentabilidade da propriedade agrícola e de toda a cadeia produtiva, atuando em prol do aumento da produção e da produtividade, de forma sustentável e com maior geração de emprego e renda. Se, por um lado, a irrigação traz todos esses benefícios, por outro, pode potencializar efeitos adversos, sobretudo aqueles relacionados ao surgimento de limitações na disponibilidade hídrica da região, em decorrência dos grandes volumes de água derivados.

Dados recentes da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico mostram que a irrigação demanda 49,8% da água utilizada no Brasil (ANA, 2021), caracterizando o setor como o de maior demanda por água no país. Assim, atenção especial à agricultura irrigada deve ser dada, principalmente quanto aos projetos

e à manutenção dos equipamentos de irrigação, visando ao aumento na eficiência de uso de água na produção agrícola.

Segundo o Atlas Irrigação (ANA, 2022), o Brasil possui 8,20 milhões de hectares irrigados, mas se estima que há potencial para se irrigar um total de 55,85 Mha, sendo 26,69 Mha sobre áreas agrícolas de sequeiro, 26,73 Mha sobre áreas de pastagens e 2,43 Mha sobre áreas sem disponibilidade hídrica superficial, mas com disponibilidade subterrânea. Considerando apenas áreas com média e alta aptidão de solo-relevo e com disponibilidade de infraestrutura, a área efetiva é de 13,69 Mha para implementação a curto e médio prazo. Com esse valor, a área irrigada nacional aumentaria 1,67 vez, resultando no aumento da demanda de água e na pressão pelo uso sustentável dos recursos hídricos pelo setor. Esse aumento na demanda justifica ainda mais a adoção de tecnologias que promovam o uso de água com eficiência, principalmente na agricultura.

Para isso, o setor de agricultura irrigada necessita de programas de pesquisa e desenvolvimento para seu estabelecimento e sua durabilidade (Obaideen *et al.*, 2022; Ramachandran *et al.*, 2022). Assim, o futuro da irrigação envolve produtividade e rentabilidade com eficiência no uso da água (Mallareddy *et al.*, 2023), eficiência no uso da energia (Belaud *et al.*, 2020), eficiência no uso de insumos (Zhang *et al.*, 2021) e respeito ao meio ambiente (McDermid *et al.*, 2023).

Deve-se também considerar que a irrigação não é um fator isolado no processo produtivo, mas sim uma ferramenta disponível ao agricultor (Zapata *et al.*, 2023), a qual integra um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica e sustentável de uma determinada cultura, com adequado manejo dos recursos naturais (Ali *et al.*, 2023). Portanto, quando se opta pela adoção da irrigação nas lavouras, é necessário também considerar a adoção de outras práticas e tecnologias importantes, como manejo correto do solo

(fertilidade, práticas conservacionistas, entre outras), adequado controle fitossanitário, controle de plantas invasoras, entre outras medidas (Ahmad; Sharma, 2023).

Para atender a essa demanda, é preciso empregar e trabalhar com conceitos atuais, adequando os sistemas de irrigação para uma nova realidade, com a preocupação do uso consciente da água e dos demais recursos (Xu; Boelens; Veldwisch, 2024). Isso somente pode ser obtido com a adoção das boas práticas de agricultura irrigada, respondendo-se, inicialmente, a duas perguntas: “Quando e quanto irrigar?” (Galioto *et al.*, 2020). Para isso, é fundamental a adoção de técnicas de manejo da irrigação, que consiste na aplicação racional da água a fim de atender as necessidades hídricas das plantas, levando em consideração informações relacionadas a planta, solo ou clima (Gu *et al.*, 2020; Gimpel *et al.*, 2021; Touil *et al.*, 2022). Cada método possui peculiaridades, e sua escolha deve ser baseada em critérios técnicos e econômicos, além de apresentar boa aceitação pelo irrigante (López-Serrano *et al.*, 2022; Ayars; Zaccaria; Bali, 2024).

O manejo via planta possui grande potencial de uso no meio científico. São métodos que monitoram as plantas por meio de avaliação visual, medição de potencial hídrico, resistência estomática, fluxo de seiva e temperatura de folhas (Noun *et al.*, 2022; Camoglu *et al.*, 2024). Apesar de utilizarem tecnologias interessantes do ponto de vista técnico/científico, esses métodos apresentam implicações operacionais que podem comprometer sua utilização em relação aos sistemas de produção (Srinivasan *et al.*, 2022).

Para o monitoramento via solo, podem ser usados o método gravimétrico (estufa) e equipamentos como tensiômetros, sensores eletrométricos, sonda de nêutrons, entre outros (Bernardo *et al.*, 2019). Esses aparelhos relacionam o conteúdo de água no solo a características específicas, como tensão de água, constante dielétrica e emissividade de nê-

trons no solo. Possuem boa aplicabilidade em áreas onde o solo é homogêneo, devido à mensuração ser feita de forma pontual (Sui; Vories, 2020). Contudo, esses métodos necessitam de grande número de pontos de leitura em áreas onde o solo possui maior variabilidade espacial, como ocorre na maioria das áreas irrigadas (Gonzalez-Dugo *et al.*, 2021).

No manejo via clima, são utilizados dados meteorológicos que, por meio de equações, possibilitam a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). A ET_o representa a demanda hídrica de uma região, variando de acordo com as variáveis climáticas presentes no local (Mantovani; Bernardo; Palaretti, 2009). A partir de coeficientes das culturas, do solo e da forma de molhamento, é calculada a evapotranspiração da cultura (ET_c).

Para a obtenção dos dados meteorológicos, podem ser utilizadas estações meteorológicas (Ioannou *et al.*, 2021; Blankenau; Kilic; Allen, 2020), que são equipamentos destinados à medição, ao registro e à transmissão de variáveis meteorológicas, como temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade do vento e precipitação (Spiridonov; Ćurić, 2021). Tais equipamentos podem ser simples ou mais complexos; o tipo de estação que será utilizada depende, majoritariamente, da capacidade de investimento do empreendimento e da quantidade de informação necessária para um determinado método de estimativa.

As maiores vantagens do manejo via clima são: maior representatividade espacial (Muller *et al.*, 2021), o que facilita o manejo em médias e grandes áreas; menor necessidade de equipamentos instalados no campo (Tokarev *et al.*, 2020), com consequente redução do custo de implantação; melhor operacionalidade em nível de propriedade agrícola (Delos Reyes; Schultz, 2021), o que facilita o acompanhamento e a manutenção dos equipamentos envolvidos no manejo; possibilidade de replicação para várias áreas com características distintas, mediante ajustes e correções (Yi-

mer, 2022; França *et al.*, 2024). Apesar dessas vantagens, deve-se também ter especial atenção à variabilidade espacial das características físico-hídricas do solo, que influenciam na sua capacidade de retenção e, conseqüentemente, na disponibilidade de água para as plantas.

Assim, o presente artigo tem como objetivo a apresentação de uma estratégia para aumentar a eficiência do uso da água por meio do manejo sustentável da irrigação acessível a pesquisadores, professores e estudantes da área de agricultura irrigada no Brasil.

Método

O Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação (SBMI) foi concebido para otimizar a irrigação em propriedades agrícolas, baseando-se em dados climáticos, de solo e de culturas, com o intuito de reduzir desperdícios de água e energia. Faz parte da política de desenvolvimento do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) para a promoção da sustentabilidade na agricultura irrigada brasileira. Foi elaborado como um aplicativo web responsivo, utilizando as linguagens de programação PHP, HTML, CSS e JavaScript.

A base de desenvolvimento do SBMI iniciou-se na década de 1990, inicialmente com o uso de planilhas eletrônicas. Posteriormente, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), foi desenvolvido o software SISDA (Sistema de Suporte à Decisão Agrícola), e, em seguida, desenvolveu-se o software Irriplus, incorporando novas possibilidades tecnológicas e com uma visão mais aplicada às demandas dos sistemas de irrigação no campo. O Irriplus é um sistema de apoio à tomada de decisão para culturas irrigadas, sendo dividido em módulos voltados para o manejo de lavouras irrigadas e dispendo de um banco de dados climáticos oriundos da rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e de informações sobre a planta, o solo e os diversos sistemas de irrigação (Mantovani, Bernardo e Palaretti, 2009).

O SBMI possibilita a determinação, em tempo real, do balanço hídrico por meio da integração dos dados de solo, água, planta, equipamento e clima, obtendo-se, assim, as necessidades hídricas das culturas, a lâmina de irrigação e o tempo de irrigação. A variação no armazenamento de água no solo durante o período de interesse, de forma simplificada, pode ser expressa pela Equação 1, em que a principal saída de água é a evapotranspiração da cultura e as entradas mais importantes são as lâminas de água provenientes da irrigação e da chuva.

$$\Delta_{Arm} = PE + IRN - ET_C \quad (1)$$

Em que:

- Δ_{Arm} = variação no armazenamento de água no solo (mm);
- PE = precipitação efetiva (mm);
- IRN = irrigação real necessária (mm);
- ET_C = evapotranspiração da cultura (mm).

A profundidade da camada de solo a ser considerada no balanço hídrico depende da cultura e das suas respectivas fases de desenvolvimento. Assim, também é considerada a extração de água pela cultura em diferentes profundidades, em função da concentração das raízes e da disponibilidade de água nas diferentes camadas do perfil do solo. Assume-se que a taxa de absorção de água pelas raízes reduz de acordo com a profundidade, seguindo um mesmo padrão: 40, 30, 20 e 10%.

O SBMI trabalha com dois métodos de determinação da evapotranspiração da cultura (ET_C), que podem ser escolhidos pelo usuário. Um dos métodos trabalhados é o proposto por Doorenbos e Pruitt (1977) e por Allen e colaboradores (1998), modificado por Bernardo e colaboradores (2019) e Mantovani; Bernardo; e Palaretti (2009) (cf. Equação 2).

$$ET_C = ET_O \times K_C \times K_S \times K_L \quad (2)$$

Em que:

- ET_C = evapotranspiração da cultura ($mm\ d^{-1}$);
- ET_O = evapotranspiração de referência ($mm\ d^{-1}$);
- K_C = coeficiente de cultura (adimensional);
- K_S = coeficiente de estresse hídrico (adimensional);
- K_L = coeficiente de localização (adimensional) (específico para irrigação localizada).

Um avanço apresentado pelo SBMI em relação ao antigo software Irriplus é a opção de determinar a evapotranspiração da cultura pelo método do K_C duplo, apresentado por Allen e colaboradores (1998).

O método de estimativa da ET_O utilizado pelo SBMI, de acordo com os elementos meteorológicos disponíveis, é o do modelo de Penman-Monteith-FAO 56 (Allen *et al.*, 1998). O SBMI utiliza diversas metodologias para a estimativa do coeficiente de estresse (K_S) e do coeficiente de localização da irrigação (K_L).

No cálculo da lâmina bruta, consideram-se as necessidades da irrigação em função do balanço hídrico no solo e a eficiência de irrigação para área adequadamente irrigada do sistema.

No SBMI, foi utilizada a metodologia proposta por Keller e Bliesner (1990) e descrita por Bernardo e colaboradores (2019) para a determinação da eficiência de irrigação dos sistemas de irrigação. Por sua vez, a eficiência de um sistema considera todas as perdas possíveis, que, nos sistemas de irrigação, podem ser: perdas por percolação; perdas por evaporação e arrastamento pelo vento; e perdas por vazamento no sistema de condução de água.

Quanto ao modo de uso do aplicativo web, na Figura 1, podem ser observados o menu principal e o *dashboard* (painel de dados). O usuário, ao ingressar no SBMI, tem acesso ao menu principal, que está localizado no lado esquerdo da tela principal (cf. Figura 1). Nele estão os itens “Dashboard”, “Clima”, “Lançamentos diários”, “Parcelas”, “Decisão”, “Cadastrros”, “Simulação” e “Informações do usuário”.

Figura 1 – Menu principal e dashboard



Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

Para o funcionamento do SBMI, é necessário o cadastro de informações sobre o solo, como a capacidade de campo, o ponto de murcha e a densidade do solo. Também é necessário cadastrar a cultura (cf. Figura 2) e os equipamentos de irrigação (cf. Figura 3). O sistema permite trabalhar a duração do ciclo da cultura em dias ou graus-dia (G. D.). Ressalta-se que o SBMI aceita o cadastro de todos os sistemas de irrigação comercializados (pivô central, gotejamento, microaspersão, autoprovelido e aspersão convencional).

O cadastro inicial é feito em nível de propriedade, em que o usuário determina o local onde o sistema de irrigação se encontra, com as coordenadas geográficas. No cadastro da cultura, o usuário deve selecionar se irá trabalhar com o K_c duplo ou simples.

Figura 2 – Cadastro da cultura



Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

Figura 3 – Cadastro do equipamento do tipo pivô central

Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

Para o cadastro de estações meteorológicas (cf. Figura 4), o usuário deve escolher o tipo/modelo de estação. O SBMI permite acesso remoto a diferentes modelos de estações utilizando a interface de programação de aplicações (API, na sigla em inglês) disponibilizada pelo fabricante.

Figura 4 – Cadastro da estação meteorológica

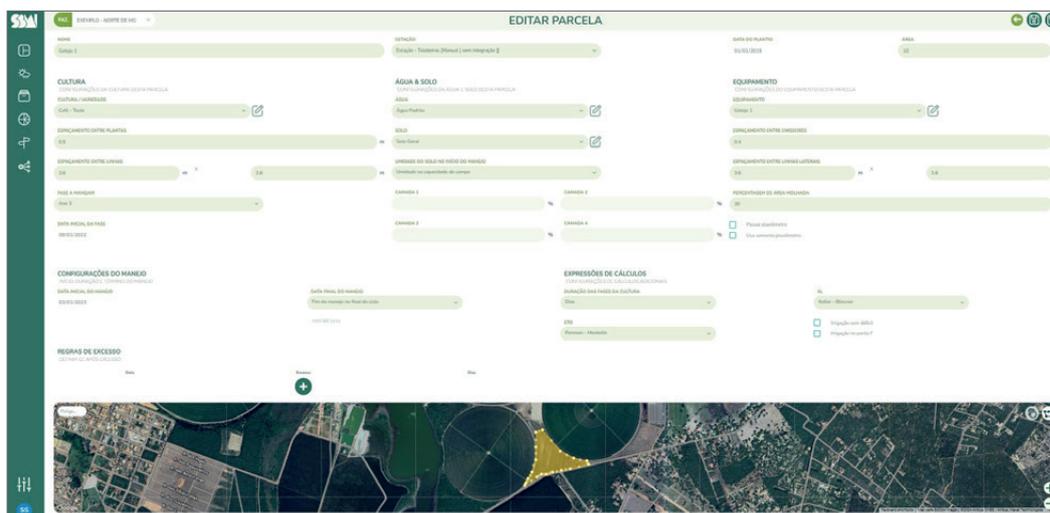
Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

As principais variáveis meteorológicas utilizadas pelo sistema são: temperatura do ar (média, máxima e mínima); umidade relativa do ar; velocidade do vento; precipitação; e radiação solar global. O SBMI ainda utiliza um banco de dados meteorológicos disponibilizado por Xa-

vier e colaboradores (2022), dados estes que estão disponíveis em um grid de 0,1° por 0,1° de latitude e longitude, perfazendo um total de 70.977 estações meteorológicas virtuais, cobrindo todo o território do Brasil.

Após o cadastro dos dados básicos, é necessário configurar o manejo da irrigação para cada parcela irrigada (cf. Figura 5). Isso envolve a vinculação de informações cadastradas anteriormente, como a fase de desenvolvimento da cultura, as datas de plantio, o início e fim do manejo de irrigação e os parâmetros necessários para o cálculo da evapotranspiração (ET_0 e ET_c).

Figura 5 – Cadastro de parcela



Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

O sistema conta ainda com uma aba de simulação (cf. Figura 6), que pode ser vinculada ou não às parcelas já cadastradas. Ressalta-se que o usuário pode utilizar não só as estações cadastradas, como também a estação virtual para a realização das simulações. Pode-se simular diferentes datas de plantio com diferentes arranjos de plantio (por exemplo: rotação de feijão e milho).

No módulo de simulação, o usuário pode trabalhar com três níveis de probabilidade de precipitação (25, 50 e 75%, em distribuição exponencial), além da precipitação média (em distribuição normal).

Figura 6 – Módulo de simulação



Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

Resultados e discussão

Atualmente, o SBMI está em fase de internacionalização na plataforma do governo federal, em conformidade com os requisitos estipulados pela Coordenação-Geral de Tecnologia da Informação (CGTI) do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR). Essa etapa estará finalizada em dezembro de 2024 e permitirá o acesso livre a pesquisadores, professores e estudantes da área de agricultura irrigada no Brasil.

O cadastro de dados no Sistema Brasileiro de Manejo de Irrigação (SBMI) é uma etapa crucial que envolve a coleta e a inserção de infor-

mações detalhadas sobre as parcelas (água, solo, cultura, estação meteorológica, entre outras). Uma vez inseridas as informações, o usuário pode realizar o manejo diário das irrigações, além de efetuar simulações.

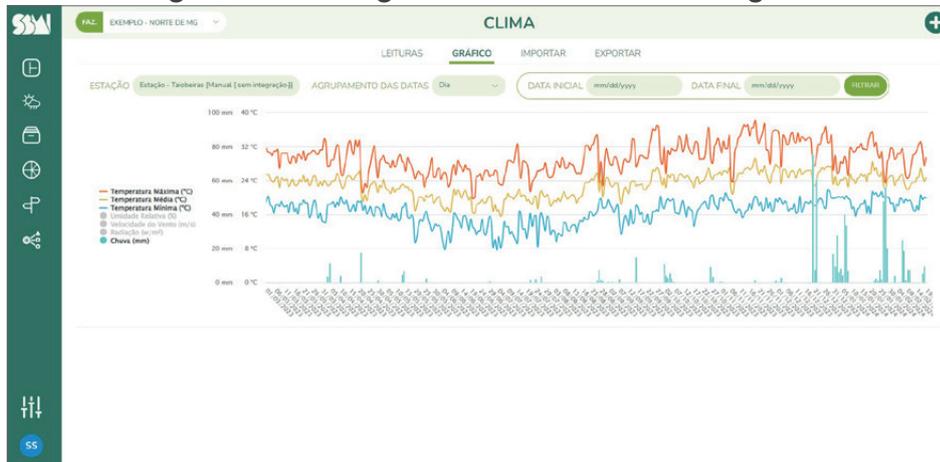
Uma vez iniciado o processo de manejo, o usuário deve inserir ou fazer upload, via API, dos dados meteorológicos (cf. Figura 7). O SBMI possui diversas saídas gráficas das informações; em uma delas, são apresentados os gráficos dos dados meteorológicos (cf. Figura 8), em que são observados os comportamentos das variáveis selecionadas, as temperaturas máxima, média e mínima e a precipitação.

Figura 7 – Aba para cadastro dos dados meteorológicos

| DATA | TEMPERATURA MÁXIMA (°C) | TEMPERATURA MÉDIA (°C) | TEMPERATURA MÍNIMA (°C) | UMIDADE RELATIVA (%) | VÁL. VENTO (km/h) | IRRADIÇÃO SOLAR (kWh/m²) | CHUVA (mm) | NEBLINA (mm) |
|------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|------------|--------------|
| 2023-03-01 | 31,80 | 24,30 | 19,30 | 76,84 | 2,00 | 256,15 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-02 | 30,70 | 24,50 | 20,30 | 71,69 | 2,08 | 275,91 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-03 | 30,60 | 24,45 | 18,30 | 69,21 | 2,89 | 378,97 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-04 | 28,90 | 23,85 | 17,80 | 73,04 | 2,73 | 284,54 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-05 | 30,90 | 23,60 | 18,30 | 69,38 | 1,88 | 310,10 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-06 | 30,90 | 24,00 | 18,10 | 69,90 | 2,15 | 292,89 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-07 | 31,40 | 24,00 | 18,40 | 74,06 | 2,51 | 234,09 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-08 | 28,00 | 22,35 | 17,30 | 79,96 | 2,55 | 173,05 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-09 | 30,20 | 24,60 | 19,10 | 80,44 | 2,20 | 293,58 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-10 | 30,50 | 24,30 | 18,10 | 73,86 | 2,50 | 283,91 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-11 | 30,40 | 24,10 | 17,80 | 73,54 | 2,50 | 294,14 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-12 | 30,50 | 24,20 | 18,20 | 72,17 | 2,87 | 224,28 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-13 | 28,70 | 22,55 | 18,40 | 76,94 | 2,20 | 197,51 | 0,00 | 0,00 |
| 2023-03-14 | 28,00 | 23,35 | 18,70 | 78,18 | 2,56 | 193,26 | 0,00 | 0,00 |

Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

Figura 8 – Aba do gráfico dos dados meteorológicos



Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

Outra entrada necessária na realização do manejo da irrigação é o cadastro das irrigações realizadas, que são feitas em uma aba específica, denominada “Lançamentos diários” (cf. Figura 9). Além do cadastro das irrigações, nessa mesma aba, o usuário pode inserir os valores de umidade do solo para as parcelas manejadas, permitindo, assim, um ajuste no manejo da irrigação. Ainda nessa aba, o usuário pode informar se ocorreu a mudança do ciclo da cultura; por exemplo, mudança do estágio de desenvolvimento vegetativo para o estágio reprodutivo de determinada cultura. Tal ferramenta é importante principalmente quando se trabalha com a duração dos estágios de desenvolvimento das culturas em dias.

Figura 9 – Aba para cadastro de dados diários

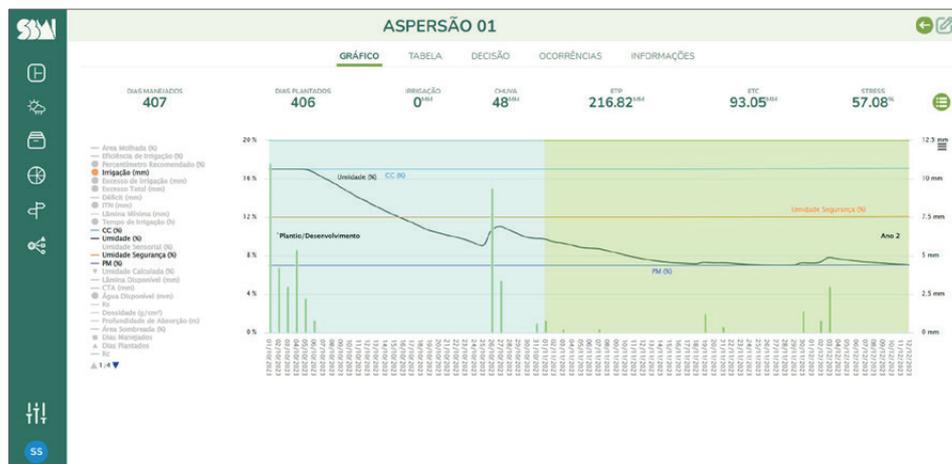


Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

O Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação permite um grande número de saídas gráficas dos resultados do manejo. Um resultado gráfico importante no SBMI é o balanço hídrico (cf. Figura 10), que permite ao usuário o acompanhamento da estimativa da umidade do solo ao longo do ciclo ou de um determinado período. Tal recurso permite, ainda, a comparação dos valores da umidade do solo estimada pelo sistema com as medições de campo.

Ressalta-se que o sistema também permite a saída dos resultados em forma de tabelas, que podem ser exportadas no formato compatível com outras planilhas eletrônicas (formatos .json, .xml, .csv ou .xls).

Figura 10 – Aba de resultado gráfico exemplificando um balanço hídrico



Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

O processo de tomada de decisão – que envolve, entre outros fatores, irrigar ou não, tempo de irrigação, regulagem do percentímetro e lâmina de irrigação – é auxiliado na aba “Gerenciar decisão” (cf. Figura 11). Por meio da apresentação de rótulos nas cores azul, verde, amarelo e vermelho, há uma indicação da parcela que apresenta maior necessidade de irrigação e, portanto, maior atenção do irrigante.

Figura 11 – Gerenciamento da tomada de decisão



Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

O padrão de resultados gráficos ou tabelas da aba “Simulação” é semelhante ao padrão utilizado nos demais resultados do manejo da irrigação (cf. Figura 12). Uma atualização relevante feita no sistema é a possibilidade de realização de simulação de diferentes ciclos de cultivos, com diferentes culturas, dentro da mesma parcela. Assim, é permitido simular, por exemplo, um ciclo de feijão com início em data específica e, após um período determinado, simula-se, na mesma parcela, outro plantio de feijão ou de outra cultura. Assim, essa ferramenta auxilia os produtores e técnicos no processo de decisão de época de plantio e escolha de culturas.

Figura 12 – Simulação de um ciclo de café



Fonte: Captura de tela do SBMI realizada pelos autores.

Conclusão

O desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação (SBMI) combina o uso de tecnologias avançadas para otimizar o manejo da irrigação, promovendo o potencial de uso sustentável de recursos hídricos e energéticos na agricultura, através de uma ferramenta completa capaz de auxiliar a tomada de decisão sobre quando e quanto irrigar.

Nesse sentido, o SBMI apresenta uma sequência de trabalho simples e de fácil compreensão, sem perder o rigor científico envolvido nas boas práticas de manejo da irrigação. É um sistema de fácil comunicação e interação com o usuário, tanto do ponto de vista do manuseio do sistema quanto das informações e dos resultados gerados.

O SBMI faz parte de uma política pública do Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR) e, portanto, será um importante instrumento de promoção e desenvolvimento da agricultura irrigada nos polos de irrigação nas diferentes regiões do país.

Acesso: <https://sbmi.std1.net/>

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA), ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) pelo financiamento através do Projeto de Cooperação Técnica BRA/IICA/13/001 - MI INTERÁGUAS - MIDR, à Fundação de Apoio à Pesquisa e Extensão de Sergipe (FAPESSE) e à Universidade Federal de Sergipe (UFS).

Referências

AHMAD, U.; SHARMA, L. A review of best management practices for potato crop using precision agricultural technologies. *Smart Agricultural Technology*, [Online], v. 4, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375523000503?via%3Dihub>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ALI, A.; HUSSAIN, T.; TANTASHUTIKUN, N.; HUSSAIN, N.; COCETTA, G. Application of smart techniques, internet of things and data mining for resource use efficient and sustainable crop production. *Agriculture*, [Online], v. 13, n. 2, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/2/397>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Roma: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, n. 56). Disponível em: <https://www.fao.org/4/X0490E/x0490e00.htm>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. 2. ed. Brasília: ANA, 2021.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. Brasília: ANA, 2022.

AYARS, J. E.; ZACCARIA, D.; BALI, K. M. *Microirrigation for crop production: design, operation, and management*. Amsterdã: Elsevier: 2024.

BELAUD, G.; MATEOS, L.; ALIOD, R.; BUISSON, M.-C.; FACI, E.; GENDRE, S.; GHINASSI, G.; GONZALES PEREA, R.; LEJARS, C.; MARUEJOLS, F.; ZAPATA, N. Irrigation and energy: issues and challenges. *Irrigation and Drainage*, [Online], v. 69, n. S1, p. 177-185, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.2343>. Acesso em: 27 ago. 2024.

BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES, A. A. *Manual de irrigação*. 9. ed. Viçosa: UFV, 2019.

BLANKENAU, P. A.; KILIC, A.; ALLEN, R. An evaluation of gridded weather data sets for the purpose of estimating reference evapotranspiration in the United States. *Agricultural Water Management*, [Online], v. 242, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377420304753?via%3Dihub>. Acesso em: 27 ago. 2024.

CAMOGLU, G.; DEMIREL, K.; KAHRIMAN, F.; AKCAL, A.; NAR, H. Plant-based monitoring techniques to detect yield and physiological responses in water-stressed pepper. *Agricultural Water Management*, [Online], v. 291, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423004936>. Acesso em: 27 ago. 2024.

- DELOS REYES, M. L. F.; SCHULTZ, B. An assessment of farmers' perspective in support of the modernization of national irrigation systems in the Philippines. **Irrigation and Drainage**, [Online], v. 70, n. 2, p. 207-223, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.2537>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Roma. FAO, 1977. (Irrigation and Drainage Paper, n. 24).
- FRANÇA, A. C. F.; COELHO, R. D.; GUNDIM, A. da S.; COSTA, J. de O.; QUILOANGO-CHIMARRO, C. A. Effects of different irrigation scheduling methods on physiology, yield, and irrigation water productivity of soybean varieties. **Agricultural Water Management**, [Online], v. 293, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377424000441>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- GALIOTO, F.; CHATZINIKOLAOU, P.; RAGGI, M.; VIAGGI, D. The value of information for the management of water resources in agriculture: Assessing the economic viability of new methods to schedule irrigation. **Agricultural Water Management**, [Online], v. 227, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037837741831984X>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- GIMPEL, H.; GRAF-DRASCH, V.; HAWLITSCHKE, F.; NEUMEIER, K. Designing smart and sustainable irrigation: a case study. **Journal of Cleaner Production**, [Online], v. 315, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621022666?via%3Dihub>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- GONZALEZ-DUGO, V.; ZARCO-TEJADA, P. J.; INTRIGLILO, D. S.; RAMÍREZ-CUESTA, J. M. Normalization of the crop water stress index to assess the within-field spatial variability of water stress sensitivity. **Precision Agriculture**, [Online], v. 22, p. 964-983, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-020-09768-6>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- GU, Z.; QI, Z.; BURGHATE, R.; YUAN, S.; JIAO, X.; XU, J. Irrigation scheduling approaches and applications: a review. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, [Online], v. 146, n. 6, 2020. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29IR.1943-4774.0001464>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- IOANNOU, K.; KARAMPATZAKIS, D.; AMANATIDIS, P.; AGGELOPOULOS, V.; KARMIRIS, I. Low-cost automatic weather stations in the internet of things. **Information**, [Online], v. 12, n. 4, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2078-2489/12/4/146>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. Nova York: Avibook, 1990.
- LÓPEZ-SERRANO, M. J.; VELASCO-MUÑOZ, J. F.; AZNAR-SÁNCHEZ, J. A.; ROMÁN-SÁNCHEZ, I. M. Farmers' attitudes towards irrigating crops with reclaimed water in the framework of a circular economy. **Agronomy**, [Online], v. 12, n. 2, p. 435, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/2/435>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- MALLAREDDY, M.; THIRUMALAIKUMAR, R.; BALASUBRAMANIAN, P.; NASEERUDDIN, R.; NITHYA, N.; MARIADOSS, A.; EAZHILKRISHNA, N.; CHOUDHARY, A. K.; DEIVEEGAN, M.; SUBRAMANIAN, E.; PADMAJA, B.; VIJAYAKUMAR, S. Maximizing water use efficiency in rice farming: A comprehensive review of innovative irrigation management technologies. **Water** [Online], v. 15, n. 10, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/10/1802>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009.
- McDERMID, S.; NOCCO, M.; LAWSTON-PARKER, P.; KEUNE, J.; POKHREL, Y.; JAIN, M.; JÄGERMEYER, J.; BROCCA, L.; MASSARI, C.; JONES, A. D.; VAHMANI, P.; THIERY, W.; YAO, Y.; BELL, A.; CHEN, L.; DORIGO, W.; HANASAKI, N.; JASECHKO, S.; LO, M.; MAHMOOD, R.; MISHRA, V.; MUELLER, N. D.; NIYOGI, D.; RABIN, S. S.; SLOAT, L.; WADA, Y.; ZAPPA, L.; CHEN, F.; COOK, B. I.; KIM, H.; LOMBARDOZZI, D.; POLCHER, J.; RYU, D.; SANTANELLO, J.; SATOH, Y.; SENEVIRATNE, S.; SINGH, D.; YOKOHATA, T. Irrigation in the Earth system. **Nature Reviews Earth & Environment**, [Online], v. 4, n. 7, p. 435-453, 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43017-023-00438-5>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- MULLER, C. F.; NEAL, M. B.; CAREY-SMITH, T. K.; LUTTRELL, J.; SRINIVASAN, M. S. Incorporating weather forecasts into risk-based irrigation decision-making. **Australasian Journal of Water Resources**, [Online], v. 25, n. 2, p. 159-172, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13241583.2021.1936907>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- NOUN, G.; LO CASCIO, M.; SPANO, D.; MARRAS, S.; SIRCA, C. Plant-based methodologies and approaches for estimating plant water status of Mediterranean tree species: a semi-systematic review. **Agronomy**, [Online], v. 12, n. 9, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/9/2127>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- OBAIDEEN, K.; YOUSEF, B. A. A.; ALMALLAHI, M. N.; TAN, Y. C.; MAHMOUD, M.; JABER, H.; RAMADAN, M. An overview of smart irrigation systems using IoT. **Energy Nexus**, [Online], v. 7, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772427122000791?via%3Dihub>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- RAMACHANDRAN, V.; RAMALAKSHMI, R.; KAVIN,

B. P.; HUSSAIN, I.; ALMALIKI, A. H.; ALMALIKI, A. A.; ELNAGGAR, A. Y.; HUSSEIN, E. E. Exploiting IoT and its enabled technologies for irrigation needs in agriculture. **Water**, [Online], v. 14, n. 5, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/5/719>. Acesso em: 27 ago. 2024.

SPIRIDONOV, V.; ČURIĆ, M. Meteorological measurements and observations. In: SPIRIDONOV, V.; ČURIĆ, M. **Fundamentals of meteorology**. [Online]: Springer, 2021. p. 399-430. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-52655-9_25. Acesso em: 27 ago. 2024.

SRINIVASAN, M. S.; MEASURES, R.; FEAR, A.; ELLEY, G. Making the invisible visible: co-learning guided development of an operational tool for irrigation management. **Agricultural Water Management**, [Online], v. 264, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377422000397?via%3Dihub>. Acesso em: 27 ago. 2024.

SUI, R.; VORIES, E. D. Comparison of sensor-based and weather-based irrigation scheduling. **Applied Engineering in Agriculture**, [Online], v. 36, n. 3, p. 375-386, 2020. DOI: <https://doi.org/10.13031/aea.13678>. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=51301>. Acesso em: 27 ago. 2024.

TOKAREV, K. E.; ROGACHEV, A. F.; PROTSYUK, M. P.; RUDENKO, A. Y.; CHERNYAVSKY, A. N.; TOKAREVA, Y. M. Analysis of promising methods of irrigation and melioration techniques of crops in arid climate. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [Online], v. 488, 2020. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/488/1/012047/pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

TOUIL, S.; RICHA, A.; FIZIR, M.; ARGENTE GARCÍA, J. E.; SKARMETA GOMEZ, A. F. A review on smart irrigation management strategies and their effect on water savings and crop yield. **Irrigation and Drainage**, [Online], v. 71, n. 5, p. 1396-1416, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.2735>. Acesso em: 27 ago. 2024.

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, [Online], v. 42, n. 16, p. 8390-8404, 2022. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.7731>. Acesso em: 27 ago. 2024.

XU, Q.; BOELEN, R.; VELDWISCH, G. J. High-

efficiency irrigation: local water users' responses to the modernization of village irrigation technology and government control in China. **International Journal of the Commons**, [Online], v. 18, n. 1, 2024. Disponível em: <https://thecommonsjournal.org/articles/10.5334/ijc.1253>. Acesso em: 27 ago. 2024.

YIMER, N. M. Agro-hydrological modeling for improved agricultural irrigation water management under climate and land use change for river basin scale irrigation projects planning in Ethiopia: a review. **Irrigation & Drainage Systems Engineering**, [Online], v. 11, n. 11, 2022. Disponível em: <https://www.hilarispublisher.com/author/natan-molla-yimer-27954>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ZAPATA, N.; BAHDDOU, S.; LATORRE, B.; PLAYÁN, E. A simulation tool to optimize the management of modernized infrastructures in collective and on-farm irrigation systems. **Agricultural Water Management**, [Online], v. 284, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423002020?via%3Dihub>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ZHANG, T.; ZOU, Y.; KISEKKA, I.; BISWAS, A.; CAI, H. Comparison of different irrigation methods to synergistically improve maize's yield, water productivity and economic benefits in an arid irrigation area. **Agricultural Water Management**, [Online], v. 243, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037837742031489X?via%3Dihub>. Acesso em: 27 ago. 2024.

Guilherme Torres Viana
Flávio Gonçalves Oliveira

Giovanna Alves Silveira
Julio César de Oliveira Sobrinho Peres

Resumo

Os sistemas de irrigação são soluções técnicas essenciais para suprir as necessidades hídricas das culturas em todo o mundo. Quando utilizados de forma racional e sustentável, esses sistemas podem aumentar a produtividade agrícola. No entanto, um dimensionamento inadequado pode causar problemas como excesso ou escassez de água para as culturas, aumento nos custos e degradação do solo. Com os avanços tecnológicos, muitos desses desafios têm sido superados, permitindo um uso mais eficiente da água por meio de um manejo adequado e de um dimensionamento mais preciso dos sistemas de irrigação. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento do aplicativo Water Point, destinado a dimensionar sistemas de irrigação localizada, como microaspersão e gotejamento. Utilizando equações matemáticas e algoritmos, o aplicativo calcula a quantidade de água necessária e os parâmetros hidráulicos para uma irrigação eficiente em áreas específicas, considerando fatores climáticos, culturais e topográficos. Com uma interface intuitiva e de fácil uso, o aplicativo mostrou-se eficaz para o uso racional da água e o dimensionamento de sistemas de irrigação localizada, podendo ser utilizado offline e em qualquer local, desde que instalado em um smartphone.

Palavras-chave: irrigação; microaspersão; gotejamento; agricultura; tecnologia.

Introdução

A irrigação é uma técnica agrícola que tem como objetivo atender as necessidades hídricas de determinadas culturas de forma racional e sustentável, para que estas possam ter uma boa produtividade (Braga; Calgaro, 2010). No Brasil, a irrigação vem crescendo exponencialmente ao longo dos anos, principalmente em regiões que possuem longos períodos de seca, onde é necessário utilizar essa técnica para garantir uma boa safra.

Com a utilização da irrigação, o desenvolvimento econômico da região pode ser impulsionado, fornecendo emprego para trabalhadores rurais em áreas que, de outra forma, seriam menos produtivas. No entanto, para alcançar bons resultados, a irrigação deve ser aplicada de forma racional, sustentável e eficiente, evitando desperdícios. Segundo Bernardo (1997), ao se otimizar o uso da água na irrigação, utilizando-a racionalmente, diversos benefícios podem ser alcançados, resultando em maior eficiência e produtividade agrícolas através de uma melhor combinação dos insumos utilizados.

Com os avanços tecnológicos ao longo dos anos, a eficiência nos sistemas de irrigação teve um aumento significativo, auxiliando no monitoramento do consumo de água e na determinação do melhor momento para irrigar. A tecnologia também é fundamental para o dimensionamento dos sistemas de irrigação,

levando em consideração as necessidades de cada cultura, solo e região, o que permite um dimensionamento correto do projeto. A cada dia, a tecnologia está mais presente na agricultura, auxiliando nas tomadas de decisão, na automação de sistemas agrícolas, na coleta, no armazenamento e na obtenção de informações climáticas, sensoriais e meteorológicas, visando minimizar o impacto ambiental da agricultura (Barriviera; Canteri, 2008).

Nesse contexto, devido à necessidade de agilizar as tomadas de decisões considerando as particularidades do dimensionamento dos sistemas de irrigação, surge a demanda pela criação de softwares capazes de facilitar o processo de dimensionamento de projetos de irrigação por meio das ferramentas computacionais (Oliveira; Oliveira; Figueiredo, 2017).

Dessa forma, ao unir a tecnologia com equações matemáticas conhecidas, foi desenvolvido um aplicativo que agiliza e proporciona aos usuários uma maneira simples e acessível de dimensionar um projeto de irrigação localizada, facilitando o trabalho do projetista e reduzindo o tempo necessário para dimensionar tais sistemas.



Foto: Wenderson Araujo/Trilux/Banco CNA

Método

O aplicativo Water Point foi desenvolvido no ambiente de desenvolvimento integrado (IDE, na sigla em inglês) do Android Studio, versão Hedgehog | 2023.1.1, sendo disponibilizado somente para sistemas operacionais Android, porém com possibilidade de ser traduzido para iOS.

As equações utilizadas no aplicativo para o dimensionamento dos projetos foram retiradas do livro *Irrigação: princípios e métodos*, 3ª edição, publicado pela Editora UFV, de Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009). O layout do aplicativo foi desenvolvido para que todos os cálculos fossem seguidos passo a passo, de maneira clara e objetiva.

Para dimensionar um sistema de irrigação localizada, é crucial ter informações sobre a quantidade e a qualidade da água disponível, a topografia detalhada da área, a disponibilidade de energia, as propriedades físicas e hídricas do solo e a cultura específica a ser irrigada. Esses dados são essenciais para garantir a eficiência do sistema e o uso racional da água.

Após o desenvolvimento do aplicativo, ele foi submetido a testes para verificar se os resultados obtidos nos cálculos são exatos, comparando-os com projetos dimensionados em planilhas do Microsoft Excel, para ter a certeza de que o Water Point possa ser utilizado sem que haja erros computacionais no dimensionamento.

Na Tabela 1, encontram-se as equações utilizadas para o dimensionamento do sistema de irrigação localizada, com os cálculos baseados em Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009).

Para as perdas de carga nas tubulações, serão empregadas as equações de Hazen-Williams e Blasius.

Tabela 1 – Equações para o dimensionamento do sistema de irrigação localizada

| Equação | Descrição das variáveis |
|--------------------------------------|--|
| $ETc = ETo \times Kc$ | ETc = evapotranspiração da cultura (mm/dia); ETo = evapotranspiração de referência (mm/dia); Kc = coeficiente da cultura (adimensional). |
| $ETil = ETc \times FC$ | ETil = evapotranspiração para irrigação localizada (mm/dia); ETc = evapotranspiração da cultura (mm/dia); FC = fator de cobertura (adimensional). |
| $FC = 1,34 \times A$ | FC = fator de cobertura (adimensional) – Aljibury e colaboradores; A = porcentagem de área sombreada (adimensional). |
| $FC = 0,1 \times A$ | FC = fator de cobertura (adimensional) – Decroix; A = porcentagem de área sombreada (adimensional). |
| $FC = A + 0,5 \times (1 - A)$ | FC = fator de cobertura (adimensional) – Hoare e colaboradores; A = porcentagem de área sombreada (adimensional). |
| $FC = A + 0,15 \times (1 - A)$ | FC = fator de cobertura (adimensional) – Keller; A = porcentagem de área sombreada (adimensional). |
| $LL = ETil - Pe$ | LL = lâmina líquida de irrigação (mm/dia); ETil = evapotranspiração para irrigação localizada (mm/dia); Pe = precipitação efetiva (mm/dia). |
| $LB = \frac{LL}{(1 - K) \times CUC}$ | LB = lâmina bruta de irrigação (mm/dia); K = 1 - Ea ou K = FL (usar maior valor); Ea = eficiência de irrigação (adimensional); FL = fração de lixiviação (adimensional); CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen (adimensional). |
| $FL = \frac{CEi}{2 \times CEesLim}$ | FL = fração de lixiviação (adimensional); CEi = condutividade elétrica da água de irrigação (dS/m); CEesLim = condutividade elétrica do extrato saturado do solo limiar para a cultura (dS/m). |
| $VPP = LB \times Sp \times Sl$ | VPP = volume de água por planta por dia (L/planta/dia); LB = lâmina bruta de irrigação (mm/dia); Sp = espaçamento entre plantas (m); Sl = espaçamento entre linhas de plantas (m). |
| $Pu = \frac{Au}{Ap \times 100}$ | Pu = porcentagem de área umedecida (%); Au = área umedecida (m ²); Ap = área por planta (m ²). |
| $TO = \frac{VPP}{(qe \times Ne)}$ | TO = tempo de operação por setor (h/dia); VPP = volume de água por planta por dia (L/planta/dia); qe = vazão do emissor (L/h); Ne = número de emissores por planta. |
| $NS = \frac{TD}{TO}$ | NS = número de setores; TD = tempo de operação diário (h/dia); TO = tempo de operação por setor (h/dia). |
| $As = \frac{A}{NS}$ | As = área do setor (ha); A = área total (ha); NS = número de setores. |

| Equação | Descrição das variáveis |
|--|--|
| $Q_s = 10 \times \frac{AS}{A_p} \times N_e \times q_e$ | <p>Q_s = vazão do sistema (m³/h); AS = área do setor (ha); A_p = área por planta (m²); N_e = número de emissores por planta; q_e = vazão do emissor (L/h).</p> |
| $Q_{ll} = N_{ell} \times \frac{q_e}{1000}$ | <p>Q_{ll} = vazão da linha lateral (m³/h); N_{ell} = número de emissores por linha lateral; q_e = vazão do emissor (L/h).</p> |
| $Q_{ld} = Q_{ll} \times N_{ll}$ | <p>Q_{ld} = vazão da linha de distribuição (m³/h); Q_{ll} = vazão da linha lateral (m³/h); N_{ll} = número de linhas laterais.</p> |
| $H_{fBl} = 0,20 \times P_s - DN_{Bl}$ | <p>H_{fBl} = perda de carga total no bloco (mca); P_s = pressão de serviço do emissor (mca); DN_{Bl} = diferença de nível no bloco (m).</p> |
| $F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2 \times N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6 \times N^2}$ | <p>F = fator de perda de carga (adimensional); m = expoente da vazão na equação de perda de carga; N = número de aspersores na linha lateral.</p> |
| $F = \frac{2 \times N}{2 \times N - 1} \times \left[\frac{1}{m+1} + \frac{\sqrt{m-1}}{6 \times N^2} \right]$ | <p>F = fator de perda de carga (adimensional); m = expoente da vazão na equação de perda de carga; N = número de aspersores na linha lateral.</p> |
| $H_{fll} = 0,473 \times L \times f \times \frac{Q_{ll}^{1,75}}{D^{4,75}}$ | <p>H_{fll} = perda de carga na linha lateral (mca); L = comprimento da linha lateral (m); f = fator de redução de perda de carga (adimensional); Q_{ll} = vazão da linha lateral (L/h); D = diâmetro da linha lateral (mm).</p> |
| $H_{fld} = H_{fBl} - H_{fll}$ | <p>H_{fld} = perda de carga na linha de distribuição (mca); H_{fBl} = perda de carga total no bloco (mca); H_{fll} = perda de carga na linha lateral (mca).</p> |
| $D = \left(\frac{10,641 \times \left(\frac{Q_{ld}}{C} \right)^{1,85} \times L_{ld} \times f}{H_{fld}} \right)^{0,205}$ | <p>D = diâmetro da linha de distribuição (m); Q_{ld} = vazão da linha de distribuição (m³/s); C = coeficiente de Hazen-Williams (adimensional); L_{ld} = comprimento da linha de distribuição (m); f = fator de redução de perda de carga (adimensional); H_{fld} = perda de carga na linha de distribuição (m).</p> |
| $L_2 = \left(\frac{\left(\frac{D_1}{D} \right)^n - 1}{\left(\frac{D_1}{D_2} \right)^n - 1} \right)^{\left(\frac{1}{m+1} \right)} \times L$ | <p>L₂ = comprimento do segundo trecho da linha de distribuição (m); D₁ = diâmetro comercial a ser utilizado no trecho 1 da linha de distribuição (mm); D = diâmetro calculado (mm); D₂ = diâmetro comercial a ser utilizado no trecho 2 da linha de distribuição (mm); L = comprimento da linha de distribuição (m); n = expoente do diâmetro na fórmula de cálculo de H_f (adimensional); m = expoente da vazão na fórmula de cálculo de H_f (adimensional).</p> |

| Equação | Descrição das variáveis |
|---|---|
| $Pe = Ps + M' \times HfBl + \frac{DN}{2}$ | <p>Pe = pressão na entrada da linha de distribuição (mca); Ps = pressão de serviço do emissor (mca); M' = coeficiente cujo valor é 0,75 para linha de distribuição com um único diâmetro, 0,63 para dois diâmetros e 0,5 para três diâmetros; HfBl = perda de carga total no bloco (mca); DN = diferença de nível total no bloco (m).</p> |
| $Hm = Hflp + DNlp + Hfad + DNad + Pe + Hfv + Hfs + DNs + Hff + Hfloc$ | <p>Hm = altura manométrica do sistema (mca); Hflp = perda de carga na linha principal (mca); DNlp = diferença de nível na linha principal (m); Hfad = perda de carga na adutora (mca); DNad = diferença de nível na adutora (m); Pe = pressão na entrada do bloco (mca); Hfv = perda de carga na válvula (mca); Hfs = perda de carga na sucção (mca); DNs = diferença de nível na sucção (m); Hff = perda de carga nos filtros (mca); Hfloc = perda de carga localizada (mca)</p> |
| $POTb = \frac{Qs \times Hm}{2,7 \times Efb}$ | <p>POTb = potência necessária ao eixo da bomba (cv); Qs = vazão do sistema (m³/h); Hm = altura manométrica do sistema (mca); Efb = eficiência da bomba (%).</p> |

Fonte: Próprios autores (2024), com base em Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009).

Na tela inicial do aplicativo, o usuário irá iniciar um novo projeto; em seguida, deverá fornecer os dados relacionados ao empreendimento, ao solo, ao clima e à cultura. Para prosseguir com o dimensionamento do sistema, é imprescindível o preenchimento completo de todos os campos solicitados.

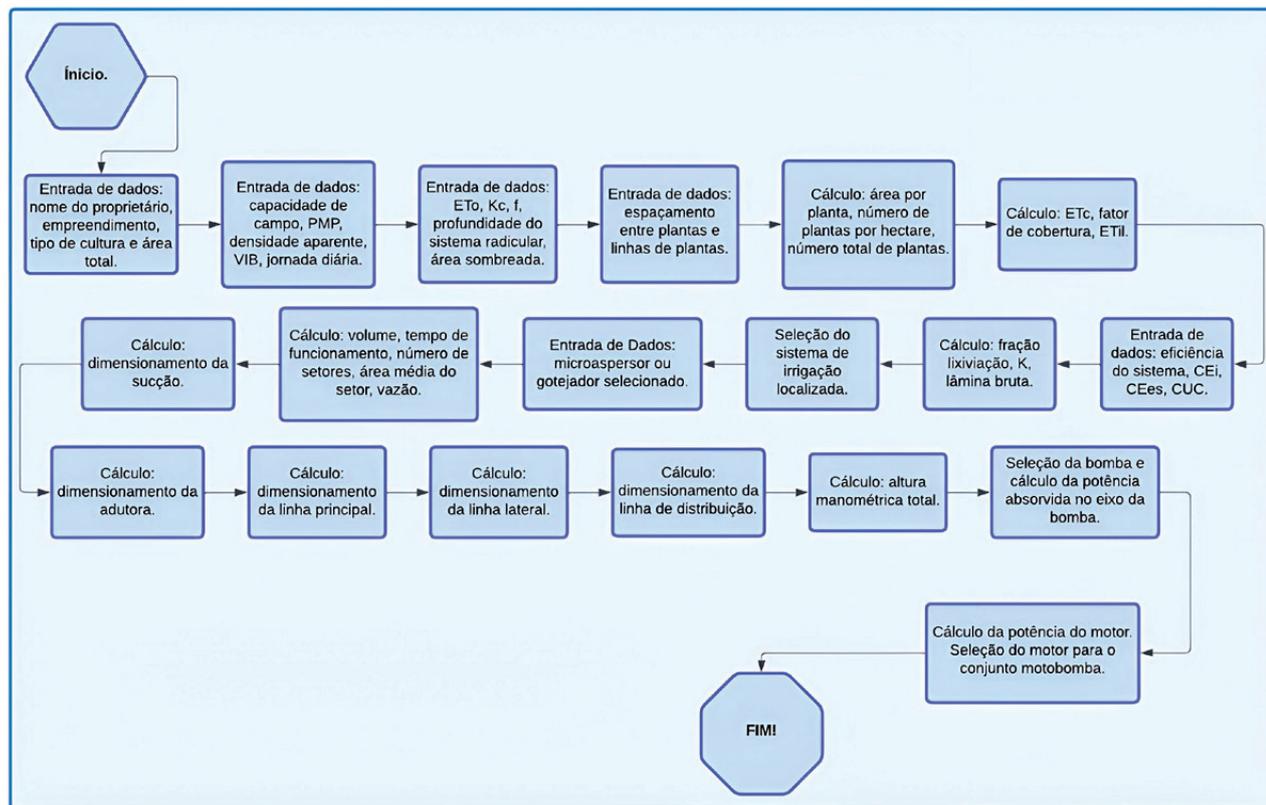
Durante as etapas do dimensionamento do projeto, serão estabelecidas restrições em relação ao número de caracteres e intervalos numéricos que o usuário poderá inserir, objetivando reduzir os erros no dimensionamento do sistema. Caso o projetista deixe de preencher algum campo ou insira valores que não estejam nos padrões, mensagens de erro serão exibidas na tela.

A cada etapa do dimensionamento, será realizado um cálculo, e, com isso, serão obtidos os seguintes dados de saída: número de plantas/ha; número total de plantas; evapotranspiração da cultura e para irrigação localizada; fator de cobertura; lâmina bruta; volume por planta; tempo de funcionamento; número de setores; área do setor; turno de rega; vazão do sistema; diâmetro das tubulações; perda de carga e velocidade de escoamento (sucção, adutora, linha principal, linhas laterais e de distribuição); vazão ajustada; altura manométrica total; e potência requisitada para o conjunto motobomba.

A Figura 1 ilustra, de forma sintetizada, o fluxograma que representa o funcionamento do aplicativo durante a realização de um novo projeto.



Figura 1 – Fluxograma de execução do aplicativo



Fonte: Próprios autores (2024).

Resultados e discussão

O Water Point foi desenvolvido para minimizar os erros de dimensionamento em projetos de irrigação localizada e para agilizar as tomadas de decisão dos usuários, utilizando a tecnologia para facilitar tal processo, sendo seu uso de maneira intuitiva, simples e fácil entendimento.

Após o desenvolvimento do aplicativo, ele foi submetido a diversos testes repetitivos, nos quais os seus valores foram comparados a projetos de irrigação localizada encontrados em planilhas do Microsoft Excel, para que o aplicativo tivesse maior eficiência e confiabilidade.

Os testes permitiram detectar desproporções, erros ou áreas para a melhoria do aplicativo, assegurando que ele possa corres-

ponder às expectativas e necessidades dos usuários. Com a comparação entre o aplicativo e as planilhas de projetos de irrigação localizada, foi avaliada a precisão, podendo aferir se os resultados obtidos são confiáveis. Para um teste final, foi dimensionado no aplicativo um projeto de irrigação localizada já existente, dimensionado para o município de Matias Cardoso-MG, no lote 237-P (Projeto Jaíba).

Quanto ao modo de uso, ao iniciar o aplicativo (cf. Figura 2), o usuário poderá clicar nos botões “Projetar”, que inicia um novo dimensionamento de projeto, “Orientações”, que leva a uma tela com as orientações necessárias para utilizar o aplicativo, e “Sobre o aplicativo”, que prosseguirá para uma tela com informações sobre o aplicativo.

Figura 2 – Tela inicial



Após começar um novo projeto, serão solicitados o nome do empreendimento, do(a) proprietário(a), o tipo de cultura e a área total, o que está representado na Figura 3a. Em seguida, será necessário informar os dados do solo, da cultura e do clima (cf. Figuras 3b, 3c e 3d) para, assim, calcular a área por planta, o número de plantas por hectare e o número total de plantas.

Fonte: Captura de tela do aplicativo Water Point realizada pelos autores (2024).

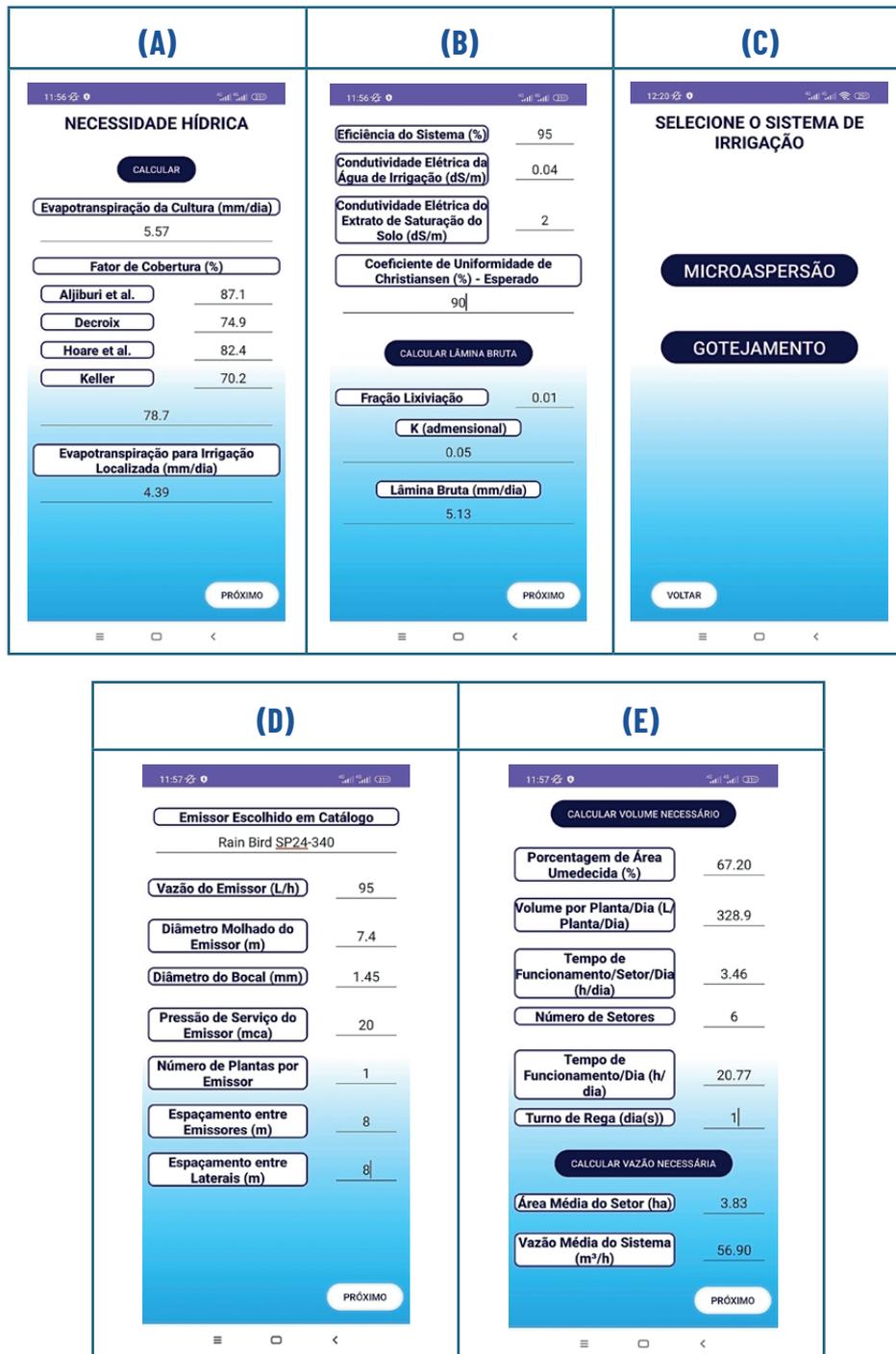
Figura 3 – Dados de entrada para o dimensionamento

| (A) | (B) | (C) | (D) |
|---|--|---|--|
| <p>11:55</p> <p>NOME DO EMPREENDIMENTO Lote 237</p> <p>PROPRIETÁRIO (A) Projeto Jaíba</p> <p>TIPO DE CULTURA Manga</p> <p>ÁREA TOTAL (ha) 23</p> <p>PRÓXIMO</p> | <p>11:55</p> <p>Capacidade de Campo (% em peso) 28</p> <p>Ponto de Murcha Permanente (% em) 1.3</p> <p>Densidade Aparente do Solo (g/cm³) 1.25</p> <p>Velocidade de Infiltração Básica (mm/h) 10</p> <p>Jornada Diária (h/dia) 21</p> <p>PRÓXIMO</p> | <p>11:55</p> <p>Evapotranspiração de Referência (mm/dia) 6.2</p> <p>Coefficiente de Cultura (adimensional) 0.9</p> <p>Fator de Disponibilidade de Água (adimensional) 0.6</p> <p>Profundidade Efetiva do Sistema Radicular (cm) 60</p> <p>Área Sombreada (%) 65</p> <p>PRÓXIMO</p> | <p>11:56</p> <p>Espaçamento entre Plantas (m) 8</p> <p>Espaçamento entre Linhas de Plantas (m) 0</p> <p>CALCULAR</p> <p>Área por Planta (m²) 64.0</p> <p>Número de Plantas por Hectare (Plantas/ha) 156.0</p> <p>Número Total de Plantas 3594.0</p> <p>PRÓXIMO</p> |

Fonte: Captura de tela do aplicativo Water Point realizada pelos autores (2024).

Prosseguindo o projeto (cf. Figura 4a), pode-se calcular a ETc, o fator de cobertura e a ETil, e, ao serem inseridos mais alguns dados solicitados, será calculada a lâmina bruta do projeto (cf. Figura 4b). Ao escolher o sistema de irrigação do projeto (cf. Figura 4c), é necessário adicionar as especificações do emissor escolhido (cf. Figura 4d), seguindo para o cálculo do volume por planta e a vazão necessária (cf. Figura 4e).

Figura 4 – Cálculo da necessidade hídrica e seleção do sistema de irrigação



Fonte: Captura de tela do aplicativo Water Point realizada pelos autores (2024).

Depois de informar as especificações do emissor e calcular os parâmetros hidráulicos do projeto, tem-se o dimensionamento das tubulações de sucção, a adutora e a linha principal (cf. Figuras 5a, 5b e 5c, respectivamente).

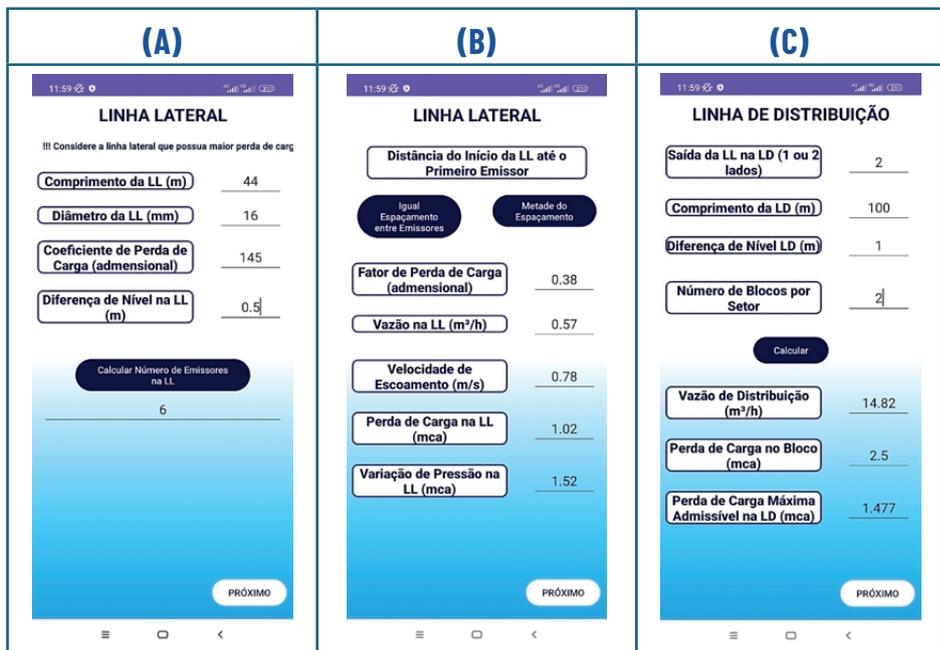
Figura 5 – Dimensionamento hidráulico do projeto



Fonte: Captura de tela do aplicativo Water Point realizada pelos autores (2024).

Ao concluir a linha principal, serão dimensionadas a linha lateral (cf. Figuras 6a e 6b) e a linha de distribuição (cf. Figuras 6c, 6d e 6e), sendo necessário informar alguns dados para o dimensionamento das referidas linhas.

Figura 6 – Dimensionamento da linha lateral e de distribuição





Fonte: Captura de tela do aplicativo Water Point realizada pelos autores (2024).

Para finalizar o projeto, calcula-se a altura manométrica total (cf. Figura 7a) informando alguns dados, como a altura do emissor e a perda de carga nas válvulas e filtros, seguindo para a seleção do conjunto motobomba. Ao selecionar a bomba, é calculada a potência absorvida no eixo (cf. Figura 7b) para calcular a potência do motor (cf. Figura 7c) e selecioná-lo.

Figura 7 – Altura manométrica total e seleção do conjunto motobomba



Fonte: Captura de tela do aplicativo Water Point realizada pelos autores (2024).

Conclusão

O Water Point demonstrou ser um aplicativo eficaz para dimensionar sistemas de irrigação localizada, tanto por microaspersão quanto por gotejamento, apresentando resultados semelhantes aos encontrados em planilhas acadêmicas do Microsoft Excel. Como exemplo ilustrativo de seu uso, o aplicativo foi capaz de dimensionar corretamente o sistema de irrigação por meio da realização de um teste em que se utilizaram dados da ficha técnica de um projeto existente.

Essa proximidade nos resultados ressalta a confiabilidade do aplicativo como uma ferramenta para dimensionar projetos de irrigação localizada, evidenciando que ele pode ser uma alternativa viável e precisa, em comparação com os métodos tradicionais utilizados no projeto técnico. Além de ser um aplicativo que pode ser utilizado offline, ele é de fácil compreensão, confirmando a praticidade e facilidade de seu uso.

Entretanto, é de se ressaltar a necessidade de que o aplicativo seja atualizado constantemente, acompanhando o desenvolvimento tecnológico e as inovações quanto às práticas agrícolas, tornando-o mais funcional e útil para os usuários atuais e futuros, o que certamente facilitará ainda mais o dimensionamento de irrigação localizada para todos.

O aplicativo Water Point ainda não está disponível para download, pois foi criado recentemente e está passando pelos procedimentos necessários para ser disponibilizado na plataforma Google Play Store. Estima-se que, até o final do ano de 2024, ele esteja disponível para os usuários.

Referências

- BARRIVIERA, R.; CANTERI, M. G. *Informática básica aplicada às ciências agrárias*. Londrina: Eduel, 2008. Disponível em: http://www.uel.br/editora/portal/pages/arquivos/informatica%20basica_digital.pdf. Acesso em: 18 mar. 2023.
- BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (ed.). *Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura*. Brasília: MMA/SRH/ABEAS; Viçosa: DEA/UFV, 1997. p. 79-88.
- BRAGA, M. B.; CALGARO, M. *Uso da tensiometria no manejo da irrigação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. (Documentos, n. 25). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884330/1/Documentos235.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. *Irrigação: princípios e métodos*. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009.
- OLIVEIRA, L. V. de; OLIVEIRA, F. G.; FIGUEIREDO, F. P. de. Aplicativo multiplataforma para dimensionamento de irrigação por pivô central. *Irriga*, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 40-47, 2017. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2812>. Acesso em: 23 ago. 2024.

IRRIGAÇÃO INTELIGENTE POR UM MUNDO VERDE

Com mais de noventa anos de liderança global em carretéis, tratamento de resíduos e tecnologia de pivôs centrais, comprometemo-nos com a **sustentabilidade** e **eficiência**. Integramos soluções de energia solar em projetos **Turn Key** e planos de assinatura pós-vendas para oferecer uma experiência completa ao produtor. Transforme sua irrigação com a **Bauer!**



IRRIGAÇÃO



AUTOMAÇÃO



CONECTIVIDADE



TRAT. RESÍDUOS



GESTÃO HÍDRICA

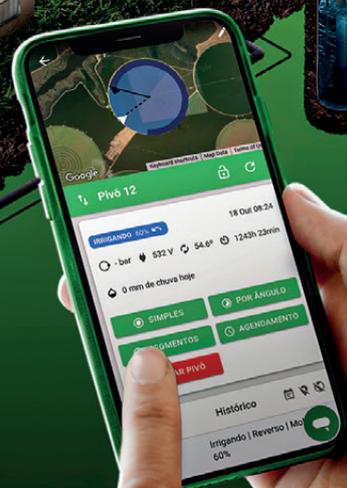


SEGURANÇA



ACESSÓRIOS

PROJETOS



CamScanner

Giovanna Alves Silveira
Flávio Gonçalves Oliveira
Guilherme Torres Viana

Resumo

A evapotranspiração, definida como a quantidade de água que evaporou e transpirou da planta para a atmosfera, é um fator fundamental para determinar a quantidade de água necessária para o cultivo irrigado. O objetivo deste estudo foi mensurar a evapotranspiração na cultura de banana na Fazenda Triunfo pela plataforma EEFlux, visando gerar informações e promover ferramentas para projetistas e produtores rurais que necessitam de dados precisos para promover um manejo eficiente da irrigação. O método utilizado consistiu na extração das imagens do ano de 2023, pelo METRIC-EEFlux, disponibilizado gratuitamente pelo Google. Através das cores que simbolizam um número de 0 a 10, foi feita a média das cores existentes no local de estudo, estimando o valor da evapotranspiração. Para comparação, foram utilizados dados da estação meteorológica da Fazenda Triunfo, compilados em planilhas do Microsoft Excel do mesmo ano, além de tabela e gráficos gerados, proporcionando uma melhor compreensão dos resultados obtidos. A partir das análises e comparações, observou-se que a maioria dos dados se aproximou ou coincidiu entre si, havendo apenas alguns pontos em que a diferença foi maior, como no mês de abril, com $1,82 \text{ mm dia}^{-1}$. A correlação entre os dados da estimativa da evapotranspiração mostrou-se uma correlação positiva forte, com um coeficiente R^2 de 0,73. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o EEFlux é uma ferramenta útil e

eficaz como fonte de informação para avaliar a evapotranspiração. O modelo apresentou resultados compatíveis com os da estação meteorológica local, demonstrando sua confiabilidade para a tomada de decisões na agricultura irrigada.

Palavras-chave: *Musa* spp.; evapotranspiração; agricultura irrigada; imagens sensoriais.

Introdução

Atualmente, a irrigação na agricultura é o principal consumidor na utilização de recursos hídricos, com 49,8% da demanda de captação de água no Brasil em 2019, seguido pelo consumo humano urbano com 24,3%, pela indústria com 9,7%, para uso animal 8,4%, em termelétricas com 4,5%, com 1,7% para mineração e 1,6% para uso humano rural (ANA, 2021). A irrigação é fundamental para garantir o fornecimento de água que a planta irá precisar para seu desenvolvimento, proporcionando uma umidade adequada no solo para suprir a necessidade hídrica e garantir uma boa produtividade (Santos *et al.*, 2022).

A banana (*Musa* spp.) necessita de uma boa quantidade de água para o seu desenvolvimento. No entanto, o norte de Minas é uma região com limitações hídricas devido à pequena quantidade de chuvas ao longo do ano, sendo tal fator contornado através da irrigação (Ribeiro *et al.*, 2009). Entretanto, para que ocorram bons resultados, é necessário um manejo de irrigação adequado, com o uso racional, eficiente e sustentável dos recursos hídricos, evitando desperdícios de água e também de

energia elétrica.

A importância socioeconômica da bananicultura torna fundamental a manutenção de sua sustentabilidade produtiva. A banana é a fruta fresca mais consumida no mundo. Além de maior consumidor mundial, o Brasil é o quarto maior produtor, com 6,8 milhões de toneladas produzidas em 465 mil hectares, metade originária da agricultura familiar. A banana é produzida principalmente por pequenos e médios produtores, com uso intensivo da mão de obra familiar, gerando empregos e renda. Entre os cinco estados maiores produtores da banana, Minas Gerais se encontra em 3º lugar, com 841,7 mil toneladas. O setor fatura cerca de R\$ 13,8 bilhões por ano e gera 500 mil empregos diretos. Devido ao seu preço acessível, a banana tem importante papel social (IBGE, 2022).

Na agricultura irrigada, o conhecimento da evapotranspiração é um fator essencial para garantir um sistema de irrigação eficiente, sendo o principal parâmetro a ser considerado para estimar a necessidade hídrica que a planta precisa para o seu desenvolvimento durante determinado período (Sousa *et al.*, 2010). Conforme Bernardo (1997), diversos benefícios podem ser alcançados na produção agrícola por meio da otimização do uso da água na irrigação, resultando em maior eficiência e produtividade por meio de uma melhor combinação dos insumos utilizados.

Existem várias técnicas para se calcular a evapotranspiração, com métodos diretos e indiretos. O modelo-padrão adotado mundialmente é o Penman-Monteith (PM-FAO), recomendado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, na sigla em inglês) (Malta, 2019). Entretanto, com os avanços tecnológicos, o sensoriamento remoto se tornou uma ótima ferramenta para estimar a evapotranspiração das culturas irri-

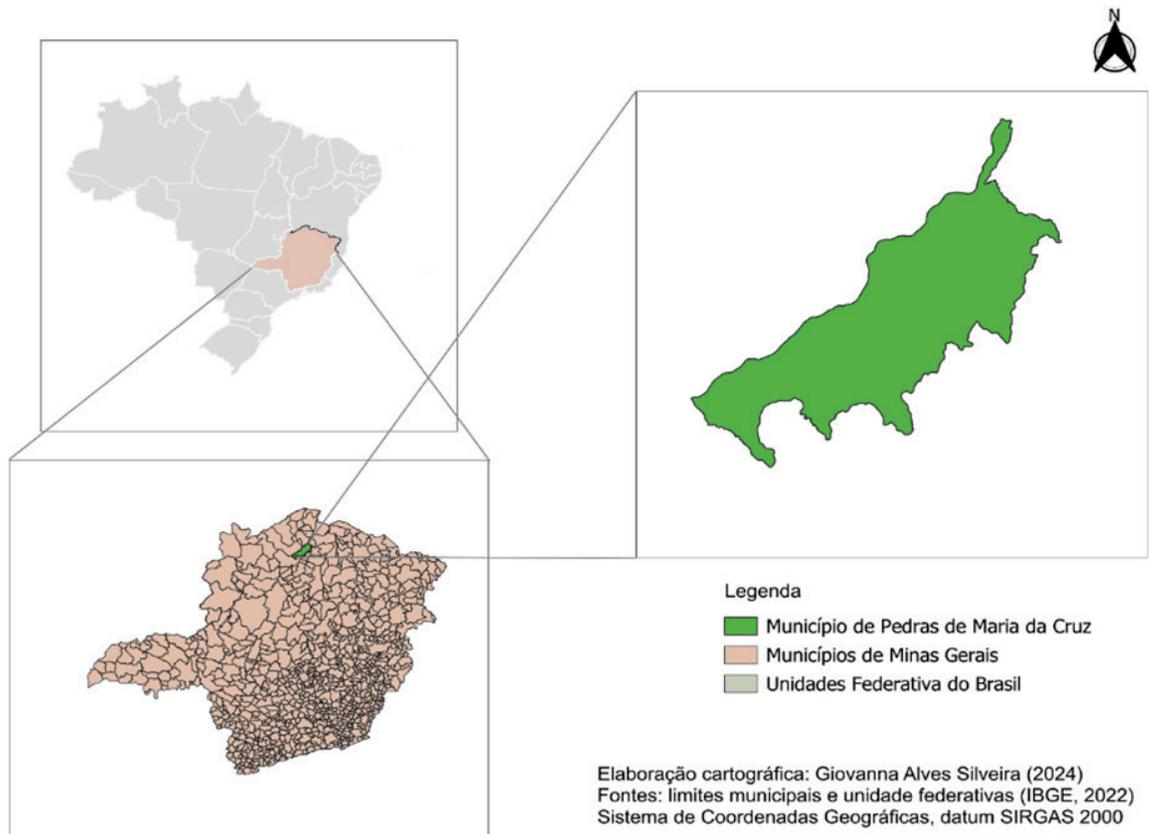
gadas. Através do processamento de imagens pelos sensores orbitais, é possível determinar a evapotranspiração da cultura no momento da passagem dos satélites. Essa tecnologia tem se mostrado eficiente na obtenção dos dados por apresentar uma grande área de cobertura e possuir baixo custo (Oliveira, 2020).

A demanda hídrica da banana e sua importância socioeconômica justificam estudos que possam auxiliar a tomada de decisão sobre práticas de manejo que aumentem a produtividade e a qualidade da produção. Em vista disso, o Energy Balance Evapotranspiration Flux (EEFlux) – ferramenta desenvolvida do modelo operacional METRIC, tendo como objetivo calcular e mapear a evapotranspiração na escala do campo usando um modelo completo de balanço de energia na superfície, através de um arquivo de coleção de imagens de satélites Landsat operados na plataforma do Google Earth Engine – irá auxiliar no planejamento agrícola e na gestão dos recursos hídricos do estudo em questão (Allen *et al.*, 2015).

Método

A área utilizada para o estudo situa-se na Fazenda Triunfo, localizada no município Pedras de Maria da Cruz, em Minas Gerais, com coordenadas geográficas de latitude 15°40'47"S e longitude 44°29'45"W (cf. Figuras 1 e 2). O local é banhado pela bacia hidrográfica do rio São Francisco, tendo como sua principal cultura a banana, a qual é irrigada por um sistema de irrigação localizada. Possui um clima tropical com estação seca, classificando-se em Aw, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, e uma temperatura mínima de 23,9 °C e máxima de 40,3 °C, de acordo com os últimos três anos.

Figura 1 – Mapa de localização do município Pedras de Maria da Cruz-MG



Fonte: Próprios autores (2024).

Figura 2 – Imagem do local de estudo (Fazenda Triunfo)



Fonte: Captura de tela de consulta realizada ao Google Earth (2022).

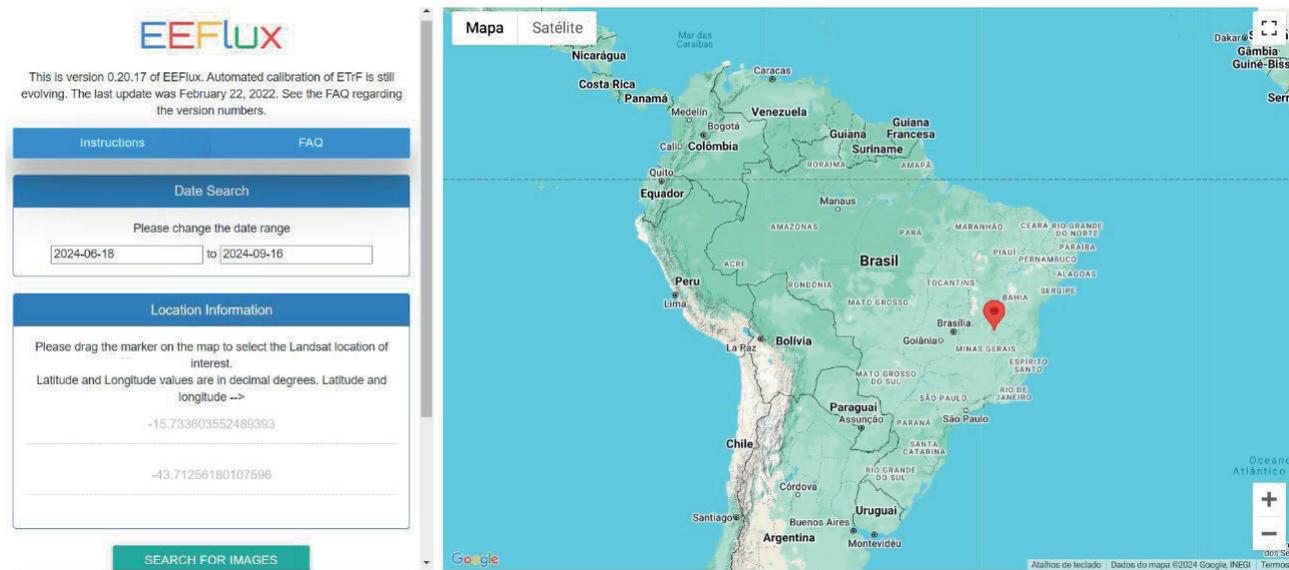
Para a coleta de dados da evapotranspiração pelas imagens de satélites, acessou-se o METRIC-EEFlux, que é disponibilizado gratuitamente pelo Google. Na página inicial do site, mostrada na Figura 3, foram selecionados o intervalo de tempo e a área desejada para extrair as imagens, movendo o alfinete no mapa. Para este estudo, usou-se o ano de 2023, abrangendo todos os meses do referido ano.

Ao se pesquisar pelas imagens, o arquivo do EEFlux mostra uma lista de imagens Landsat dentro do intervalo de tempo e na respectiva área escolhida, com uma resolução de 30 metros. Através das imagens disponíveis, é possível selecionar a área desejada de acordo com a porcentagem de cobertura de nuvens, área na qual, se selecionada, será apresentada uma

lista de camadas de dados com opções de escolha (Allen *et al.*, 2015). Para o estudo, foram escolhidas as que possuem menor porcentagem de nuvens, selecionando-se a opção “ET REAL – calibração padrão”.

A evapotranspiração (ET) fornecida pelo EEFlux é calculada usando o balanço de energia superficial das imagens termais e refletidas nos Landsat por meio da equação $ET = R_n - G - H$, em que: R_n é a radiação líquida; G é o fluxo de calor do solo; e H é o fluxo de calor sensível. Nas imagens escolhidas, foi calculada uma média com os valores das cores que aparecem no local da fazenda. Para realizar a comparação, utilizou-se a estação meteorológica da Fazenda Triunfo, com dados apresentados em uma planilha do Microsoft Excel.

Figura 3 – Imagem da página inicial da plataforma EEFlux



Fonte: Captura de tela do EEFlux (2024).

As imagens foram analisadas conforme a tabela de valores disponível no modelo EEFlux, variando de 0 a 10. Nessa escala, 0 indica uma ausência ou baixa taxa de evapotranspiração representada em cor clara, enquanto 10 representa uma alta taxa de evapotranspiração, representada na cor azul, como mostra a Figura 4. Para o cálculo da ET, calculou-se uma média de acordo com as cores que apareceram na

propriedade. Além disso, os resultados foram comparados com os valores da estação meteorológica local, disponibilizados pelo proprietário da Fazenda Triunfo, de acordo com o mesmo dia, mês e ano da imagem Landsat escolhida. Do mesmo modo, geraram-se gráficos para cada ano, visando analisar melhor a qualidade dos resultados obtidos.

Figura 4 – Valores da evapotranspiração

Actual ET (mm/day)



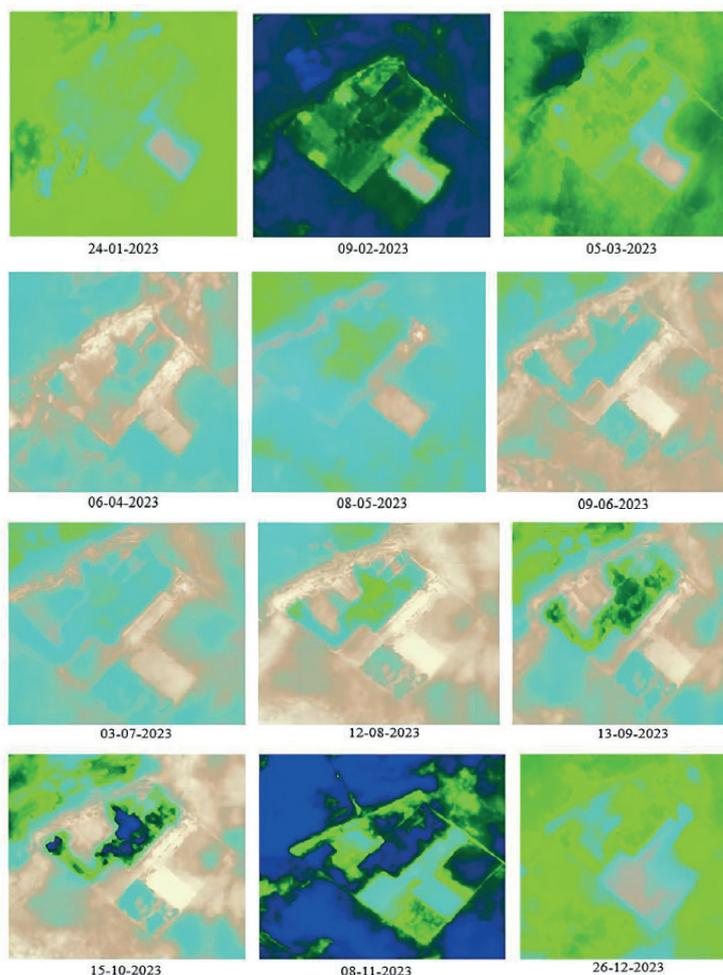
Fonte: Captura de tela do EEFlux (2024).

Resultados e discussão

Análise dos dados do EEFlux

O EEFlux processa as imagens Landsat individualmente, usando um sistema de calibramento pelo balanço de energia da superfície para calcular a evapotranspiração. Para o ano de 2023, utilizou-se uma imagem sensorial referente de cada mês, sendo as imagens escolhidas de acordo com a melhor visualização da área desejada, para que não ocorresse interferência na visualização da ET. Os resultados são mostrados na Figura 5.

Figura 5 – Imagens Landsat da evapotranspiração da Fazenda Triunfo para o ano de 2023



Fonte: Captura de tela do EEFlux (2023).

Com base nas imagens sensoriais, nota-se que não houve muita interferência nas imagens (cf. Figura 5). Observa-se que, mesmo nos meses em que ocorreu pouca ou nenhuma precipitação, como de abril até setembro, a evapotranspiração foi baixa, dadas as cores claras. Isso se deve ao fato de a temperatura ser menor nesse período, época em que começam o outono e o inverno.

Através das imagens, pode-se compreender como a evapotranspiração se relaciona em cada área específica, dadas as cores que variam desde o tom claro até o azul mais escuro, representando a quantidade de evapotranspiração do local desejado (cf. Figura 5). No caso do local de estudo, em todos os meses dos anos, foram observadas múltiplas cores em toda a sua área, o que se deve ao fato de o solo estar exposto e irrigado, com a cultura em fase de crescimento ou em fase de colheita.

Comparação dos dados da evapotranspiração

Por meio dos dados da evapotranspiração obtidos pelo EEFlux e dos dados da estação meteorológica fornecidos pelo proprietário da fazenda a partir de uma planilha do Microsoft Excel, montou-se uma tabela para a comparação dos dois resultados (cf. Tabela 1). Nessa tabela também constam a porcentagem de nuvens das imagens e os Landsat utilizados para capturar a imagem sensorial. Para o cálculo da ET nas imagens sensoriais, foi feita uma média de acordo com as cores que aparecem na área estudada. Para a estação meteorológica, o cálculo foi feito conforme o método-padrão de Penman-Monteith.

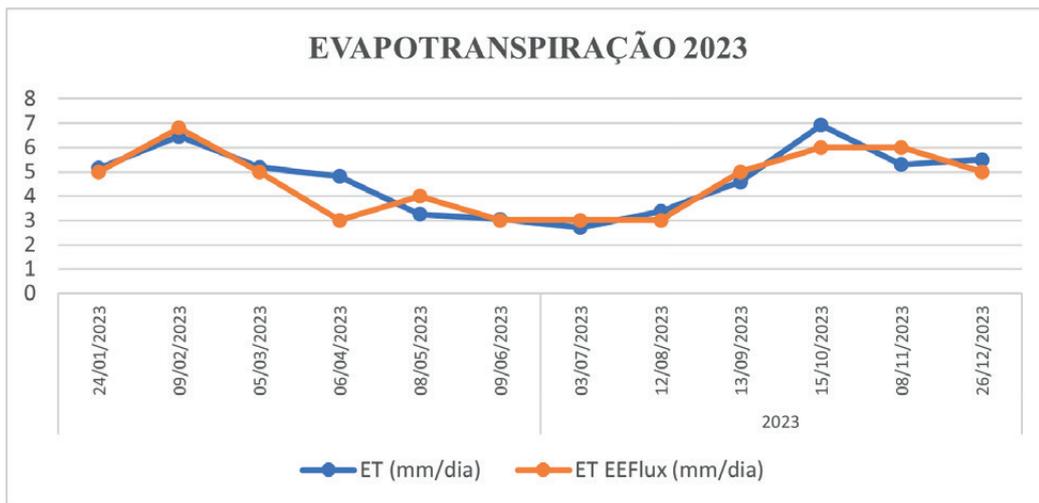
Tabela 1 – Dados da evapotranspiração do modelo EEFlux e da estação meteorológica

| Ano | Data | ET (mm dia ⁻¹) | ET EEFlux (mm dia ⁻¹) | Nuvens (%) | Landsat |
|------|------------|----------------------------|-----------------------------------|------------|---------|
| 2023 | 24/01/2023 | 5,15 | 5 | 9 | LC9 |
| | 09/02/2023 | 6,46 | 6,8 | 2 | LC9 |
| | 05/03/2023 | 5,19 | 5 | 6 | LC8 |
| | 06/04/2023 | 4,82 | 3 | 1 | LC8 |
| | 08/05/2023 | 3,25 | 4 | 1 | LC8 |
| | 09/06/2023 | 3,05 | 3 | 2 | LC8 |
| | 03/07/2023 | 2,7 | 3 | 0 | LC9 |
| | 12/08/2023 | 3,37 | 3 | 0 | LC8 |
| | 13/09/2023 | 4,59 | 5 | 0 | LC8 |
| | 15/10/2023 | 6,93 | 6 | 1 | LC8 |
| | 08/11/2023 | 5,29 | 6 | 0 | LC9 |
| | 26/12/2023 | 5,5 | 5 | 9 | LC9 |

Fonte: Próprios autores (2024).

Para uma melhor comparação dos dados, gerou-se um gráfico de dispersão e correlação entre os dois valores, mostrados nos Gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 - Análise dos resultados da evapotranspiração em 2023

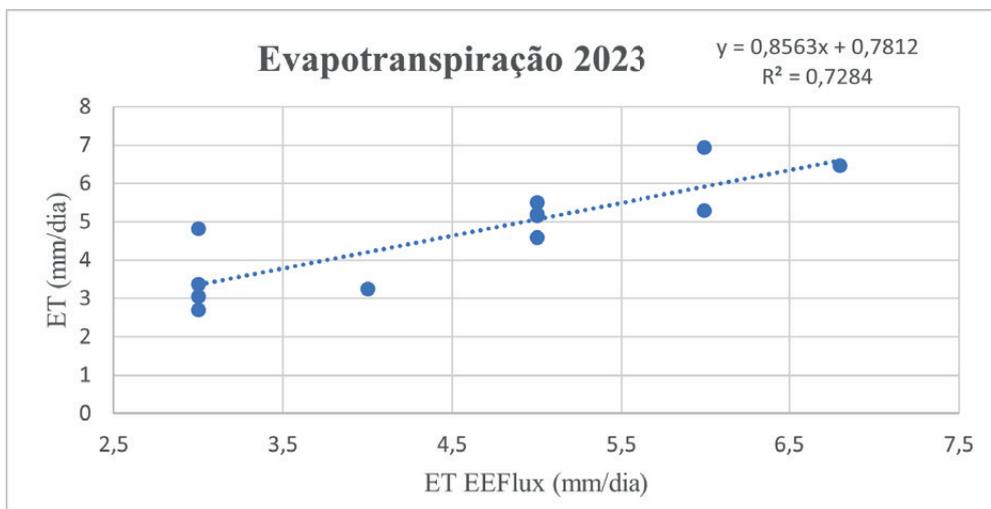


Fonte: Próprios autores (2023).

A cultura da banana, por ser de clima tropical, requer uma boa disponibilidade hídrica, variando de 1.200 a 2.160 mm anuais, e temperaturas elevadas para o seu desenvolvimento (Alves *et al.*, 1999). No entanto, devido à má distribuição das chuvas no norte de Minas, seu cultivo se torna mais viável através da irrigação. Assim, com os resultados obtidos de evapotranspiração, é possível determinar a quantidade necessária de água que a bananeira precisará durante todo o ano, reduzindo custos, principalmente com água e energia, e maximizando os lucros (Oliveira; Reis, 2021).

Ao comparar os resultados obtidos, observa-se que os valores de evapotranspiração do EEFlux praticamente coincidem com os dados registrados pela estação meteorológica, não havendo grandes diferenças entre si, sendo o mais alto no mês de abril com 1,82 mm/dia de diferença (cf. Gráfico 2).

Gráfico 2 - Correlação dos dados da evapotranspiração no ano de 2023



Fonte: Próprios autores (2024).

O gráfico apresentado demonstra uma correlação positiva forte entre os dois dados, atingindo um valor de 0,73 para o coeficiente R^2 , valor em que seus pontos ficaram mais próximos da linha de tendência (cf. Gráfico 2). As discrepâncias nos dados em alguns pontos se devem a fatores como erro de paralaxe, porcentagem de cobertura de nuvens na área ou influências relacionadas à fonte dos dados.

Conclusão

Após o estudo da avaliação da evapotranspiração na cultura de banana irrigada na Fazenda Triunfo, o modelo EEFlux mostrou-se uma ferramenta extremamente útil e eficaz como fonte de informação para a tomada de decisões em relação à agricultura irrigada e ao manejo da irrigação. A evapotranspiração fornecida pelo EEFlux produziu resultados similares

àqueles obtidos pelos dados da estação meteorológica.

Ressalta que essa ferramenta está disponível gratuitamente e dispensa conhecimentos técnicos aprofundados para estimar a evapotranspiração, o que contribui para projetistas e produtores rurais quanto à extração dos dados na área desejada sem a necessidade de uma estação meteorológica local. Portanto, o emprego do modelo EEFlux pode proporcionar um manejo eficiente da irrigação, contribuindo para a redução do desperdício de água e para o aumento da produtividade, resultando na diminuição dos custos associados. Os resultados desta pesquisa evidenciam que, assim como no cultivo da bananeira, o potencial de aplicabilidade do modelo EEFlux, mediante a realização de prévios estudos, é possível também em outras culturas.



Referências

ALLEN, R. G.; MORTON, C.; KAMBLE, B.; KILIC, A.; HUNTINGTON, J.; THAU, D.; GORELICK, N.; ERICKSON, T.; MOORE, R.; TREZZA, R.; RATCLIFFE, I.; ROBISON, C. EEFlux: A Landsat-based evapotranspiration mapping tool on the Google Earth Engine. In: 2015 ASABE/IA Irrigation Symposium, 10-12 nov. 2015, Long Beach. **Conference Proceedings** [...]. [Online]: ASABE/IA, 2015. p. 1-11. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=46446>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ALVES, E. J.; OLIVEIRA, M. A.; DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, S. L. Exigências climáticas. In: ALVES, E. J. (org.). **A cultura da bananeira: aspectos técnicos, sócio-econômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: Embrapa SPI; Cruz das Almas: Embrapa CNPME, 1999. cap. 5, p. 85-105.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. 2. ed. Brasília: ANA, 2021.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (ed.). **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA/SRH/ABEAS; Viçosa: DEA/UFV, 1997. p. 79-88.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de banana**. Minas Gerais. [Online], 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/mg>. Acesso em: 24 ago. 2024.

MALTA, E. A. **Avaliação do modelo SSEbop na estimativa de evapotranspiração real da cultura do trigo**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas e Geodinâmica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/jspui/handle/10482/38511>. Acesso em: 27 ago. 2024.

OLIVEIRA, D. A. de. **Evolução da expansão da agricultura irrigada por pivô central e da evapotranspiração incremental no Noroeste Paulista**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/192202>. Acesso em: 27 ago. 2024.

OLIVEIRA, F. G.; REIS, J. B. R. da S. Análise da viabilidade econômica para irrigação. In: PAOLINELLI, A.; DOURADO NETO, D.; MANTOVANI, E. C. (ed.). **Diferentes abordagens sobre agricultura irrigada no Brasil: história, política pública, economia e recurso hídrico**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2021. p. 339-352. Disponível em: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/629>. Acesso em: 27 ago. 2024.

RIBEIRO, R. C. F.; COSTA, C. C.; XAVIER, A. A.; FIGUEIREDO, F. P. de; OLIVEIRA, F. G.; CAMPOS, V. P.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; MIZOBUTSI, E. H. Efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a população de *Meloidogyne javanica* e a produtividade de bananeira no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 90-95, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/3Yxv4kTLtWk5gHrLHbvLXZz/?lang=pt#>. Acesso em: 27 ago. 2024.

SANTOS, B. P. dos; SIQUEIRA, R. A. G.; VILLAR, J. A. de A.; FREITAS, M. A. V. Agricultura e irrigação no Brasil no cenário das mudanças climáticas. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, [Online], v. 1, n. 2, p. 1-10, 2022. Disponível em: https://www.academia.edu/82843953/Agricultura_e_Irrigacao_no_Brasil_no_cenario_das_Mudancas_Climaticas?auto=download. Acesso em: 27 ago. 2024.

SOUSA, I. F. de; SILVA, V. de P. R. da; SABINO, F. G.; NETTO, A. de O. A.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. de. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 633-644, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/H7sxS5yL4Kw7TccZytV3FrF/?lang=pt#>. Acesso em: 27 ago. 2024.





A GESTÃO AUTOMATIZADA DA AGRICULTURA IRRIGADA!

**SENSORIAMENTO,
AQUISIÇÃO E EXIBIÇÃO DE
DADOS EM TEMPO REAL**

**CONTROLE INTELIGENTE DE
RESERVATÓRIOS E DA
CAPTAÇÃO DE ÁGUA**

**FERTIRRIGAÇÃO DE PRECISÃO E
AUTOMAÇÃO PARA
IRRIGAÇÃO**

**TECNOLOGIA NACIONAL
DESENVOLVIDA PARA O
AGRICULTOR BRASILEIRO**



**www.3V3.com.br
85 4141-1997**

JUNTOS, COLHENDO OS MELHORES RESULTADOS



Igor Boninsenha
Everardo Chartuni Mantovani



Pivô central no polo de irrigação do Alto Rio das Mortes, no estado de Mato Grosso. Foto: Igor Boninsenha.

Introdução

Com a crescente demanda por segurança alimentar e as crises hídricas agravadas pelas mudanças climáticas (IPCC, 2022; Pousa *et al.*, 2019), otimizar a eficiência dos sistemas de irrigação é crucial para aumentar a produção agrícola e reduzir o consumo de água (Bernardo *et al.*, 2019). A uniformidade da irrigação é essencial para evitar desperdícios e promover o crescimento ideal das plantas (Lamm; Bordovsky; Howell, 2019). No entanto, méto-

dos tradicionais, como o teste com coletores de lâmina de irrigação para determinação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (Christiansen, 1942; Heermann; Hein, 1968), têm limitações significativas, como padrões de amostragem inadequados e perdas por evaporação (Manke *et al.*, 2019; Playán *et al.*, 2005; Tambo *et al.*, 2022), além de fornecerem apenas uma avaliação instantânea do desempenho do sistema de irrigação, sem considerar suas variações temporais.

O sensoriamento remoto, especialmente o realizado através de imagens de satélite, destaca-se como uma ferramenta promissora para o monitoramento e o gerenciamento da irrigação em larga escala. As imagens capturam variações espaciais e temporais na vegetação e em sua condição hídrica, oferecendo informações valiosas para uma gestão mais eficaz da irrigação (Ahmad; Alvino; Marino, 2021; Weiss; Jacob; Duveiller, 2020).

Um estudo recente publicado na revista *Agricultural Water Management* (Boninsenha *et al.*, 2024) destaca o uso de dados de satélite para avaliar a uniformidade da irrigação em larga escala. A pesquisa publicada é parte da estratégia do programa de pós-graduação do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV), de trazer sustentabilidade ao desenvolvimento da agricultura irrigada brasileira e mundial, sendo também parte da tese de doutorado do primeiro autor citado, realizada em colaboração com pesquisadores do Brasil e dos Estados Unidos.

Integrando dados de radar e sensores multiespectrais, o estudo forneceu uma avaliação mais detalhada da uniformidade da irrigação, correlacionando variações na distribuição de água com condições específicas dos cultivos. Essa abordagem inovadora faz avançar significativamente as práticas de gestão da água, contribuindo para a sustentabilidade e a eficiência dos recursos hídricos. Além disso, permite o monitoramento da uniformidade e a eficiência da irrigação em diferentes escalas, desde em nível de fazenda até de bacias hidrográficas, estaduais ou nacionais.

Método

O estudo foi realizado no polo de irrigação do Alto Rio das Mortes, em Mato Grosso, Brasil, uma região agrícola importante que inclui 14 municípios. Essa área, com clima tropical de savana (Alvares *et al.*, 2013) e uma grande extensão agrícola (IBGE, 2018), é propícia para o

cultivo de soja, milho, feijão e algodão (IBGE, 2023). O foco da pesquisa foi avaliar a uniformidade da irrigação em 36 pivôs centrais, usando tecnologias avançadas de sensoriamento remoto.

Foram utilizados dados de satélites como Sentinel-1 (S1), Sentinel-2 (S2), Landsat 8 (L8) e Landsat 9 (L9), coletados entre abril e setembro de 2022, capturando diversos estágios de desenvolvimento das culturas. A partir dessas imagens, os pesquisadores avaliaram a vegetação e o uso da água, aplicando diversos ajustes para garantir a precisão das análises. No total, foram processadas 3.585 imagens, o que destaca a riqueza dos dados disponíveis para o estudo.

A uniformidade da irrigação foi medida usando o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, cf. Equação 2), tanto com dados de campo quanto com estimativas derivadas das imagens de satélite (SDCUC). Dois métodos principais foram empregados: um que utilizava toda a imagem (SDCUC_{TOT}, cf. Equação 1) e outro que focava nos pixels correspondentes aos testes de campo (SDCUC_{LIN}, cf. Equação 2), com ajustes para ponderar a distância do pixel ou do coletor ao centro do pivô (\bar{H} , cf. Equação 3). Para garantir a confiabilidade dos resultados, o estudo incluiu rigorosos controles de qualidade, eliminando valores extremos e aplicando testes estatísticos para identificar diferenças significativas. São as equações:

$$SDCUC_{TOT} = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \bar{X}} \right) \quad (1)$$

$$CUC = SDCUC_{LIN} = 100 \left[1 - \sum \frac{(X_i - \bar{H})}{n \bar{H}} \right] \quad (2)$$

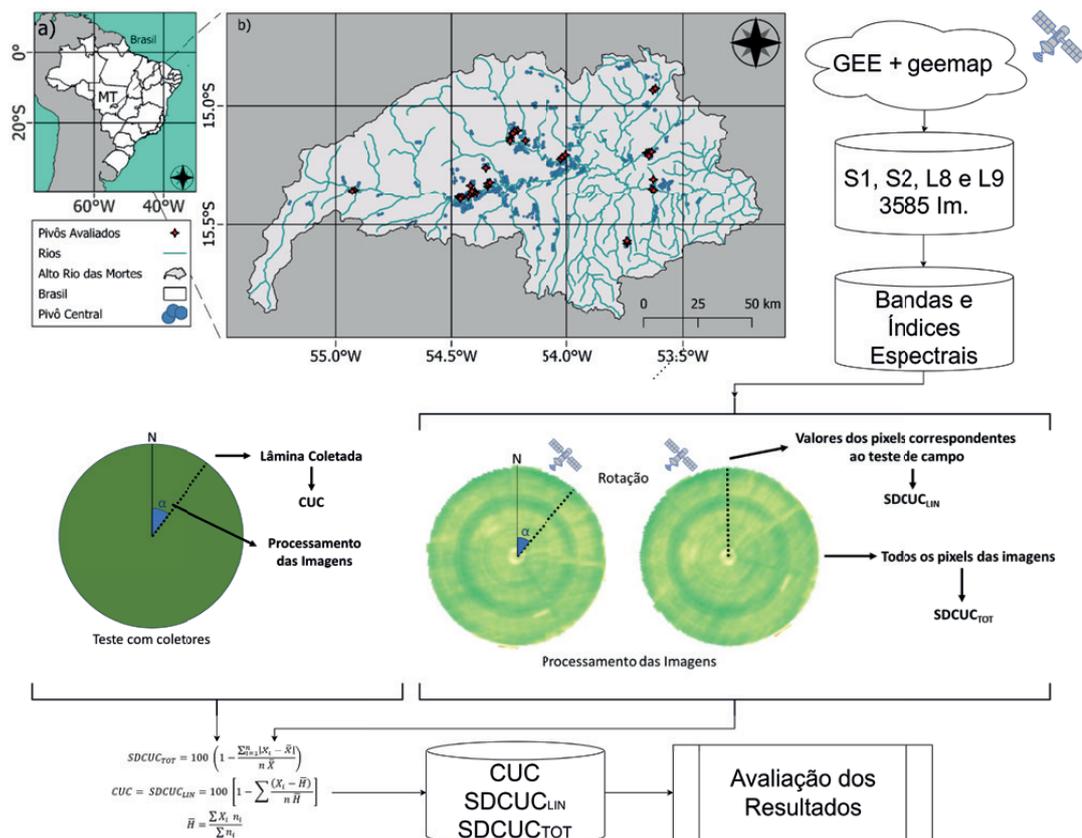
$$\bar{H} = \frac{\sum X_i n_i}{\sum n_i} \quad (3)$$

Onde $SDCUC_{TOT}$ representa o SDCUC calculado para todos os pixels das imagens de satélite utilizando a equação original de Christiansen (1942) e $SDCUC_{LIN}$ é o SDCUC ajustado para uma avaliação linear, considerando o peso de cada amostra com base na sua distância do centro da área, conforme Heermann e Hein (1968). Os valores de X_i são as lâminas coletadas no teste de coletores ou o valor dos pixels da imagem, \bar{X} é a média das lâminas de irrigação coletadas ou dos valores dos pixels, n é o número de observações e \bar{H} é a média ponderada das lâminas de irrigação ou dos valores dos pixels.

A análise dos dados foi visualizada através de gráficos e cálculos de erro, permitindo uma avaliação detalhada da uniformidade da irrigação ao longo do tempo. Os resultados mostram o potencial do sensoriamento remoto como uma ferramenta eficaz para melhorar a gestão da irrigação.

Para melhor entendimento dos métodos utilizados neste trabalho, apresentamos na Figura 1 uma breve demonstração do método utilizado, destacando a localização dos testes, as ferramentas utilizadas, o processamento das imagens e a avaliação de resultados.

Figura 1 - Breve descrição do método utilizado



Fonte: Próprios autores (2024).

Nota: Para maior entendimento e detalhamento do processo, recomenda-se a verificação do artigo original de Boninsenha et al. (2024).

Resultados

Os resultados do estudo reforçam o valor das imagens de satélite na avaliação da uniformidade de irrigação, demonstrando que essa tecnologia pode ser uma ferramenta poderosa para agricultores e gestores. Contudo, alguns pontos importantes foram identificados.

Os coeficientes de uniformidade calculados a partir das imagens de satélite (SDCUC) tendem a superestimar a uniformidade da irrigação em 7,83% em média, quando comparados aos dados de campo obtidos por testes com coletores. Apesar disso, houve melhorias significativas nos resultados ao serem escolhidos o método e o índice corretos para cada satélite, assim como o momento da avaliação. Essa superestimativa, em grande parte, está relacionada ao próprio método de determinação da lâmina de irrigação, que considera a uniformidade de irrigação no cálculo da lâmina bruta e, conseqüentemente, gera uma desuniformidade menos perceptível no campo. É interessante destacar que as áreas monitoradas possuem solo bem uniforme e topografia plana.

Entre os satélites avaliados, o Sentinel-1 se destacou em termos de precisão, superando o Sentinel-2, Landsat 8 e Landsat 9. No entanto, enquanto os resultados do Sentinel-1 mostraram certa aleatoriedade, as estimativas dos satélites Sentinel-2, Landsat 8 e Landsat 9 apresentaram melhoria em estações específicas das culturas, sugerindo que esses satélites são mais eficazes para avaliações contínuas.

Ao se utilizar toda a imagem de satélite no cálculo ($SDCUC_{TOT}$), a superestimação foi de 6,16%, o que representa uma melhoria em relação ao uso de dados de pixels individuais ($SDCUC_{LIN}$). A investigação também explorou a variabilidade temporal do SDCUC, observando que a precisão das estimativas de uniformidade de irrigação variava conforme as condições ambientais e temporais, como o ín-

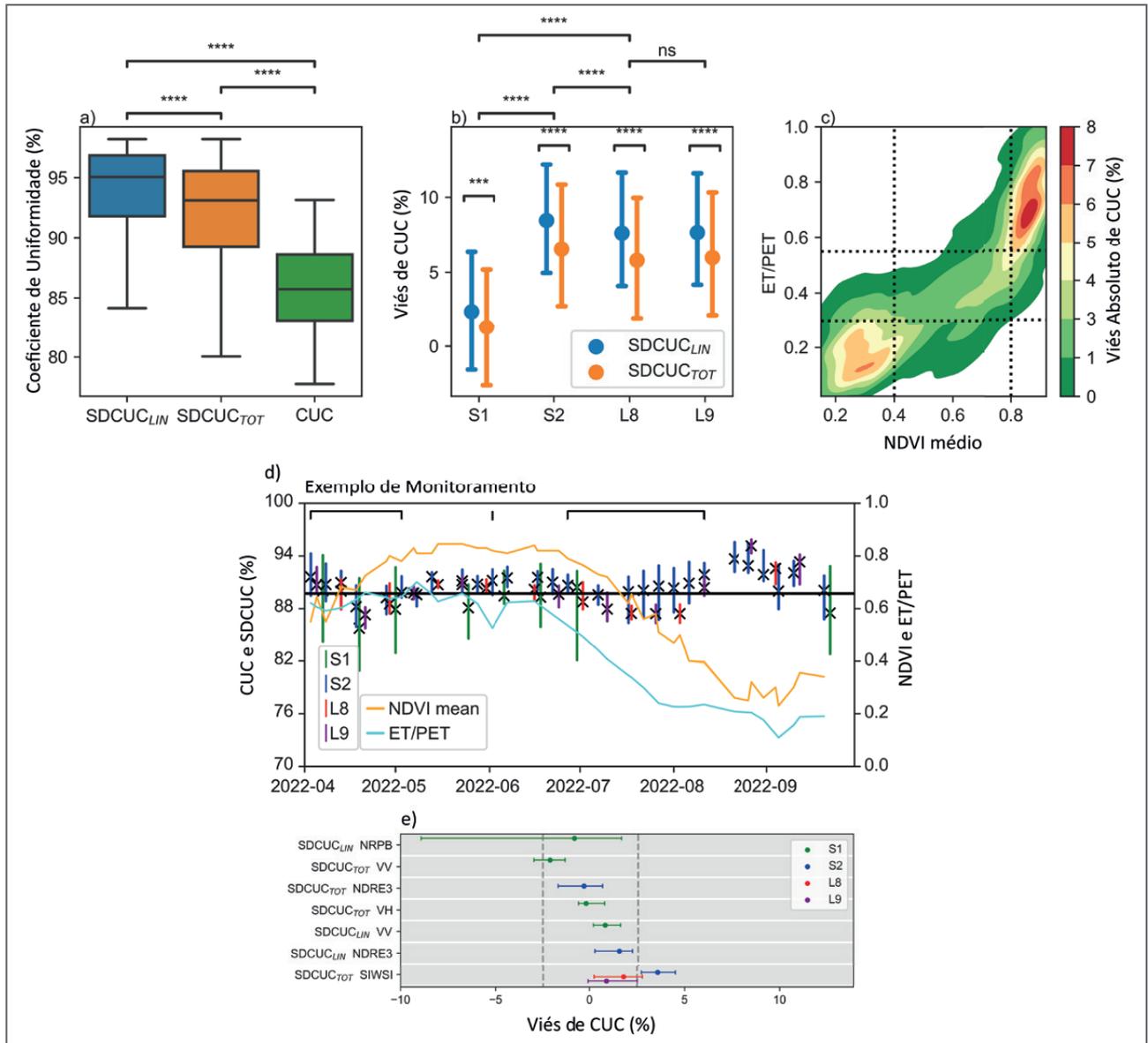
dice de vegetação por diferença normalizada (NDVI, na sigla em inglês) e o produto entre evapotranspiração real sobre a potencial (ET/PET), obtido através do produto MODIS16A. A precisão do SDCUC foi aprimorada sob condições específicas, geralmente ocorrendo no início ou no final da temporada de cultivo.

Entre os índices avaliados para cada satélite, os que foram admitidos como adequados por apresentarem assertividade variando em no máximo $\pm 2,5\%$ são: a banda VV para o Sentinel-1; o índice NDRE3 para o Sentinel-2; e o índice SIWSI para os satélites Landsat 8 e 9.

Embora as avaliações por satélite ofereçam eficiência e uma vasta cobertura espacial e temporal, os resultados indicam que ainda é necessário realizar validações em campo para garantir a precisão dessas estimativas. Assim, o uso combinado de métodos derivados de satélite e dados de campo pode otimizar as práticas de manejo de irrigação, permitindo uma tomada de decisão mais informada e precisa.

A Figura 2 apresenta um resumo dos resultados obtidos, destacando a comparação entre os diferentes métodos e satélites utilizados.

Figura 2 – Resumo dos resultados obtidos, com destaque da comparação entre os diferentes métodos e satélites utilizados*



Fonte: Próprios autores (2024).

Legenda: (*) Figura a) Distribuição dos coeficientes de uniformidade obtidos por satélite e pelo método tradicional indicando a diferença significativa dos resultados; Figura b) Viés do método de obtenção do coeficiente de uniformidade via satélite nos dois métodos abordados e para os quatro satélites utilizados - somente em relação aos satélites Landsat 8 e 9 não houve diferenças significativas; Figura c) Análise da performance dos métodos via sensoriamento remoto nas condições de NDVI e ET/PET das áreas, mostrando uma melhoria dos resultados quando $0,4 < NDVI < 0,8$ e $0,3 < ET/PET < 0,55$; Figura d) Exemplo de um monitoramento via sensoriamento remoto, em que a linha preta representa o resultado obtido no teste de campo com coletores, as linhas verticais coloridas representam o intervalo de confiança dos resultados obtidos via satélite, com o "x" marcando a média dos resultados, e as chaves na parte superior destacam os momentos quando $0,4 < NDVI < 0,8$ e $0,3 < ET/PET < 0,55$; Figura e) Representação dos melhores resultados obtidos para cada método e satélite, em que as marcações verticais representam o intervalo de $\pm 2,5\%$ de viés, enquanto as linhas horizontais representam o intervalo de confiança dos resultados obtidos com cada método para cada satélite.

Nota: Para maior entendimento e detalhamento do processo, recomenda-se a verificação do artigo original de Boninsenha et al. (2024).

Avanços do trabalho

Este estudo representa um avanço importante na avaliação da uniformidade de irrigação usando sensoriamento remoto, sublinhando a importância dessas tecnologias para a gestão sustentável dos recursos hídricos em sistemas agrícolas, especialmente em um cenário de escassez de água e mudanças climáticas. Portanto, o sensoriamento remoto se destaca como uma ferramenta crucial para práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis, permitindo uma análise detalhada da distribuição da água em áreas irrigadas.

Os resultados do SDCUC oferecem vantagens significativas em relação aos métodos tradicionais de teste com coletores, como a eliminação da necessidade de trabalho de campo intensivo, a economia de tempo e mão de obra e a capacidade de cobrir grandes áreas agrícolas. Isso permite uma avaliação mais abrangente da uniformidade da irrigação sem a necessidade de coleta manual de dados, beneficiando especialmente a gestão hídrica em grandes regiões.

Além disso, o sensoriamento remoto proporciona uma perspectiva temporal do sistema de irrigação, possibilitando a análise de tendências na uniformidade da irrigação ao longo do tempo. Isso é fundamental para detectar e corrigir ineficiências de irrigação antes que elas impactem a produtividade das culturas. A investigação detalhada das causas da desuniformidade nas imagens de satélite é essencial para intervenções rápidas e precisas, e o uso de imagens de alta resolução pode melhorar a compreensão dos padrões de uniformidade.

O estudo também destaca o potencial do SDCUC para melhorar a conservação da água, aumentar a produtividade das culturas e otimizar o uso dos recursos na agricultura. A adoção mais ampla dessas técnicas pode promover práticas agrícolas mais sustentáveis

e alinhadas com a conservação dos recursos hídricos, oferecendo uma abordagem econômica e escalável para o monitoramento da irrigação em grandes áreas.

Conclusão

Este estudo destaca o sensoriamento remoto como uma ferramenta essencial para a gestão eficiente da irrigação, demonstrando sua capacidade de avaliar a uniformidade da distribuição de água com precisão e abrangência em grandes áreas agrícolas. Ao eliminar a necessidade de trabalho de campo intensivo e fornecer uma visão detalhada das variações espaciais e temporais na uniformidade da irrigação, o SDCUC apresenta-se como uma alternativa poderosa aos métodos tradicionais. A utilização da tecnologia de sensoriamento remoto tem o potencial de transformar a gestão hídrica, promovendo uma agricultura mais sustentável, com maior conservação dos recursos hídricos e aumento da produtividade das culturas. Assim, a aplicação do sensoriamento remoto reforça seu papel crucial no avanço das práticas agrícolas e na promoção de uma gestão mais eficaz e sustentável dos recursos naturais.

Colaborações e financiamentos

O estudo contou com a colaboração de pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa e da University of Nebraska-Lincoln, nos Estados Unidos. O projeto foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela Fundação Arthur Bernardes (Funarbe) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig). Além disso, o estudo recebeu apoio da Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Grãos Especiais e Irrigantes de Mato Grosso (Aprofir) e do Instituto Mato-grossense do Feijão, Pulses, Colheitas Especiais e Irrigação (Imafir).

Referências

- AHMAD, U.; ALVINO, A.; MARINO, S. A review of crop water stress assessment using remote sensing. **Remote Sens**, [Online], v. 13, n. 20, p. 1-26, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/20/4155/pdf?version=1634798693>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [Online], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref. Acesso em: 22 ago. 2024.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D. da; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 9. ed. Viçosa: Editora UFV, 2019.
- BONINSENHA, I.; MANTOVANI, E. C.; RUDNICK, D. R.; RIBEIRO, H. de Q. Revealing irrigation uniformity with remote sensing: a comparative analysis of satellite-derived uniformity coefficient. **Agricultural Water Management**, [Online], v. 301, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377424002798>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. (Bulletin n. 670).
- HEERMANN, D. F.; HEIN, P. R. Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, Saint Joseph, v. 11, n. 1, p. 11-15, 1968. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/30121500/Oldpapers/PerformanceCharacteristicsofselfPropelledPivot.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados de informações ambientais. Monitoramento da cobertura e uso da terra. [Online], 2018. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal 2022. [Online], 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability**. Working Group II contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; New York, USA: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2022-impacts-adaptation-and-vulnerability/161F238F406D530891AAAE1FC76651BD>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- LAMM, F. R.; BORDOVSKY, J. P.; HOWELL, T. A. A review of in-canopy and near-canopy sprinkler irrigation concepts. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, [Online], v. 62, n. 2, p. 1355-1364. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?AID=50934&t=3&dabs=Y&redir=&redirType=>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- MANKE, E. B.; NÖRENBERG, B. G.; FARIA, L. C.; TARJUELO, J. M.; COLOMBO, A.; CHAGAS NETA, M. C. C.; PARFITT, J. M. B. Wind drift and evaporation losses of a mechanical lateral-move irrigation system: Oscillating plate versus fixed spray plate sprinklers. **Agricultural Water Management**, [Online], v. 225, p. 1-11, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419307966?via%3Dihub>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- PLAYÁN, E.; SALVADOR, R.; FACI, J. M.; ZAPATA, N.; MARTÍNEZ-COB, A.; SÁNCHEZ, I. Day and night wind drift and evaporation losses in sprinkler solid-sets and moving laterals. **Agricultural Water Management**, [Online], v. 76, n. 3, p. 139-159, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037837740500048X?via%3Dihub>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- POUSA, R.; COSTA, M. H.; PIMENTA, F. M.; FONTES, V. C.; BRITO, V. F. A. de; CASTRO, M. Climate change and intense irrigation growth in Western Bahia, Brazil: the urgent need for hydroclimatic monitoring. **Water**, [Online], v. 11, n. 5, p. 1-21, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/5/933>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- TAMBO, F. L. R.; LIMA, L. A.; THEBALDI, M. S.; CORRÊA, F. V. Sampling patterns may influence the evaluation of irrigation uniformity of center pivot systems. **Water Supply**, [Online], v. 22, n. 8, p. 6532-6542, 2022. Disponível em: <https://iwaponline.com/ws/article/22/8/6532/90044/Sampling-patterns-may-influence-the-evaluation-of>. Acesso em: 22 ago. 2024.
- WEISS, M.; JACOB, F.; DUVEILLER, G. Remote sensing for agricultural applications: a meta-review. **Remote Sensing of Environment**, [Online], v. 236, p. 1-19, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425719304213>. Acesso em: 22 ago. 2024.

Tecnologia Wobbler®

Baixa Pressão – Alto Desempenho

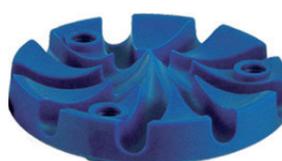
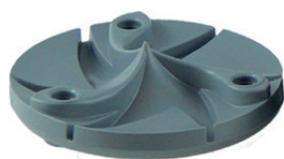
i-Wob®2

A gota perfeita para cada aplicação e cultura



i-Wob2 fabricado no Brasil – 3 Anos de Garantia

O **i-Wob2** está disponível com quatro modelos diferentes de defletores para que você possa selecionar o tamanho da gota e trajetória que melhor se adapte às suas necessidades de instalação, solo e cultura.



| | <i>Defletor Cinza</i> | <i>Defletor Preto</i> | <i>Defletor Azul</i> | <i>Defletor Branco</i> |
|------------------|---|---|---|--|
| | <i>Ângulo Padrão</i> | <i>Ângulo Padrão</i> | <i>Ângulo Baixo</i> | <i>Ângulo Padrão</i> |
| | <i>Gotas Pequenas</i> | <i>Gotas Médias</i> | <i>Gotas Médias</i> | <i>Gotas Grandes</i> |
| Culturas: | <ul style="list-style-type: none"> · Alho · Batata · Tomate · Cenoura · HF | <ul style="list-style-type: none"> · Milho · Sorgo · Soja · Feijão · Trigo · Algodão · Grãos | <ul style="list-style-type: none"> · Grãos · Milho · Sorgo · Soja · Feijão · Trigo · Algodão | <ul style="list-style-type: none"> · Cana-de-Açúcar · Pastagens · Forrageiras |

José Antônio Frizzone
Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima
Claudivan Feitosa de Lacerda
José Sérgio Baima Magalhães

Adriana Cruz de Oliveira
Vandemberk Rocha de Oliveira
Viviane da Silva Barros

Resumo

A utilização da água na irrigação, particularmente na região semiárida, deve ter como base os indicadores: de segurança da produção de alimentos; de segurança hídrica, para garantir disponibilidade, acessibilidade e sustentabilidade; de segurança econômica, para garantir renda ao agricultor e manutenção da produção; e de segurança social, para garantir empregos e fixação do homem no campo. Neste artigo, são apresentados os indicadores de uso da água na irrigação, bem como os dados obtidos dos principais agropolos do estado do Ceará. Considera-se que esses estudos podem dar suporte às políticas públicas relacionadas ao uso da água e podem contribuir para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas sob clima tropical semiárido. O incremento de áreas irrigadas com culturas de maior valor agregado é um caminho a ser seguido, considerando-se a necessidade de maior eficiência do uso da terra e da água nessa região.

Palavras-chave: agricultura irrigada; produtividade da água; sustentabilidade.

Introdução

A região semiárida do Brasil engloba uma área de aproximadamente 1,13 milhão de km² (cerca de 12% do território nacional), onde residem cerca de 27 milhões de habitantes (SUDENE, 2017). No estado do Ceará, mais de 90% dos municípios se encontram sob clima semiárido tropical, o qual tem como principais características as secas recorrentes e a

variabilidade pluviométrica intra-anual, que determinam muitas vezes o insucesso dos empreendimentos agrícolas.

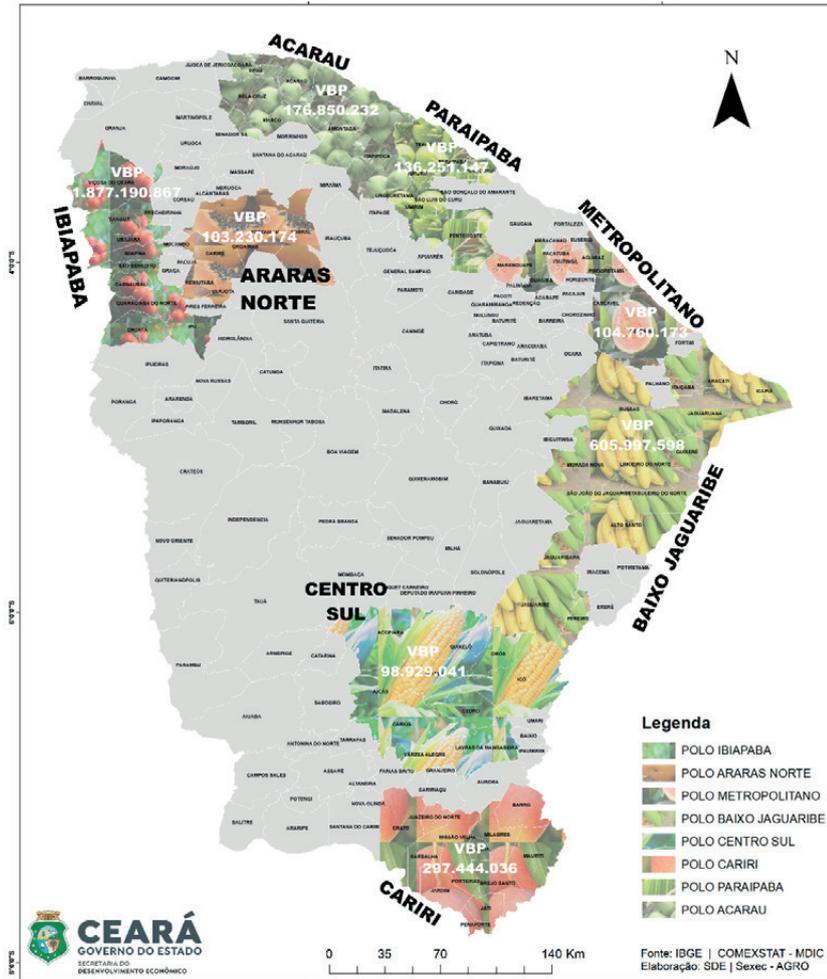
O fenômeno das secas faz parte da variabilidade natural do clima regional e, de acordo com as projeções de mudanças climáticas, é provável que continue e se intensifique no futuro (Marengo; Torres; Alves, 2017). Por outro lado, existe uma baixa variabilidade nos demais elementos meteorológicos, os quais se expressam na baixa amplitude térmica anual. Isso permite o desenvolvimento de cultivos durante o ano inteiro, desde que existam solos e recursos hídricos compatíveis com as atividades agrícolas.

A agricultura irrigada se destaca dentro do agronegócio cearense, principalmente quanto à fruticultura e à horticultura. As culturas irrigadas ocupam cerca de 5% da área cultivada no estado, mas representam cerca de 50% do valor bruto da produção da agricultura. Apesar dessa alta eficiência, sabe-se que a irrigação sob clima semiárido enfrenta problemas diversos, principalmente quanto à limitação de recursos hídricos para expansão ou até mesmo para manutenção dos empreendimentos (DNOCS, 2022).

De acordo com alguns estudos, a área potencialmente irrigável no estado do Ceará situa-se entre 200 e 300 mil hectares (ADECE, 2013; ANA, 2021), considerando-se a disponibilidade dos recursos de solo e água. Entretanto, nos últimos 30 anos, essa área irrigada poucas vezes ultrapassou os 100 mil hectares. Essas áreas irrigadas estão situadas numa região denomi-

nada pela Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará (Faec) como “corredor da produção”, contemplando os agropolos apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Polos de produção irrigada no Ceará, 2023



Fonte: Elaborada pela SDE/Secex-AGRO, a partir de dados do IBGE-CE/REAGRO.

A construção de açudes estratégicos pelo Poder Público prevaleceu como medida de adaptação à escassez hídrica no estado do Ceará durante o século XX, sendo a fonte de água que historicamente sustentou os polos de irrigação no estado. Cerca de 160 grandes e médios açudes estratégicos são operados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), buscando-se elevada garantia hídrica. Para tanto, define-se um valor máximo de retirada de água de maneira conservadora, para reduzir o risco de falha de abastecimento.

Os açudes gerenciados pela COGERH possuem potencial de acumular cerca de aproximadamente 18 bilhões de metros cúbicos de água, porém os baixos valores acumulados em anos de seca demonstraram, historicamente, a insuficiência dessa infraestrutura hídrica para dar segurança aos empreendimentos agrícolas na região, fato evidenciado durante a seca de 2012 a 2016. Essa insegurança hídrica vivenciada no estado do Ceará evidencia que, além da transposição do rio São Francisco, outras possibilidades de fontes específicas para a produção agropecuária devem ser consideradas.

Os problemas com escassez hídrica vivenciados no semiárido brasileiro requerem ações baseadas em conhecimento científico, as quais podem contribuir para a redução da variabilidade dos valores de produção do setor ao longo dos anos. Nesse contexto, o aumento da produtividade da água torna-se tão importante quanto o aumento da produção agrícola global do setor. Nesse sentido, estratégias para aumentar a eficiência do uso da água são essenciais, e muitas já foram implantadas nas últimas décadas, como, a título de exemplo, o uso de sistemas de irrigação com maior eficiência de aplicação de água (Frizzone *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2015; Perry *et al.*, 2009).

O aumento da eficiência do uso da água contribui sobremaneira para pelo menos um dos objetivos de desenvolvimento sustentável, definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU), qual seja, o associado à produção de alimentos e à agricultura sustentável. O reconhecimento da importância do desenvolvimento sustentável para o crescimento e o desenvolvimento das nações concretizou-se recentemente na instituição da Agenda 2030, incluindo as dimensões social, econômica e ambiental (ONU, 2015).

Para otimizar a gestão dos recursos hídricos do estado do Ceará, surgiu a necessidade de desenvolver ferramentas baseadas em processos decisórios, capazes de contribuir com o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, visando à melhoria das estratégias de gestão pública, em conformidade com os interesses socioeconômicos do estado. O uso de indicadores para a avaliação da gestão de recursos hídricos possibilita o aperfeiçoamento dessa ação e das políticas públicas dela dependentes, considerando-se, além dos aspectos intrinsecamente relacionados à oferta, os aspectos econômicos, sociais e ambientais (Frizzone *et al.*, 2020). Portanto, torna-se necessário definir indicadores e critérios para o uso da água na agricultura e nos demais setores da economia, bem como as regras de operação de

reservatórios (ADECE, 2015; Frizzone *et al.*, 2021).

É importante considerar a segurança produtiva para garantir produção de alimentos; a segurança hídrica para garantir disponibilidade, acessibilidade e sustentabilidade; a segurança econômica para garantir renda ao agricultor e manutenção da produção; e a segurança social para garantir empregos e fixação do homem no campo (Cavalcante *et al.*, 2021; Frizzone *et al.*, 2020; Pereira; Cordero; Iacovides, 2012). De acordo com Frizzone e colaboradores (2021), a definição de um índice geral, aplicável a diferentes cenários, que auxilie na tomada de decisões sobre a gestão da água na bacia hidrográfica, é de grande relevância para os agricultores e para a definição de políticas de desenvolvimento.

Neste artigo, são apresentados os principais indicadores de uso eficiente da água aplicáveis aos sistemas produtivos da agricultura irrigada. Também são apresentados dados de estudos realizados no estado do Ceará, considerando-se os indicadores de seguranças produtiva, hídrica, econômica e social.

Indicadores da eficiência do uso da água

Para analisar o desempenho dos sistemas produtivos em termos de uso da água, são utilizados os seguintes indicadores (Frizzone *et al.*, 2020, 2021), agrupados em quatro classes: (a) segurança produtiva – produtividade da terra (kg ha^{-1}) e produtividade da água (kg m^{-3}); (b) segurança econômica – produtividade econômica da terra ($\text{R\$ ha}^{-1}$) e produtividade econômica da água ($\text{R\$ m}^{-3}$); (c) segurança social – quantidade de empregos gerados por unidade de área (empregos ha^{-1}) e por unidade de volume de água aplicada (empregos m^{-3}); e (d) ciclo da cultura, considerando que as culturas permanentes representam um patrimônio da propriedade agrícola e devem receber prioridade de salvamento em condições de escassez

de água. A seguir, consta o detalhamento da obtenção desses índices, os quais estão descritos em Frizzone e colaboradores (2021):

(a) **Segurança produtiva:** os dois indicadores são:

(a₁) Razão de produtividade física da terra ($LFPR_{ij}$):

$$LFPR_{ij} = \frac{LFP_{i,j}}{LFP_{máx}} \quad (1)$$

Sendo: $LFP_{i,j}$ a produtividade física da terra (kg ha^{-1}) da cultura i na sub-bacia j ; e $LFP_{máx}$ a máxima produtividade física da terra (kg ha^{-1}) observada na bacia hidrográfica.

(a₂) Razão de produtividade física da água ($WFPR_{ij}$):

$$WFPR_{ij} = \frac{WFP_{i,j}}{WFP_{máx}} \quad (2)$$

Sendo: $WFP_{i,j}$ a produtividade física da água (kg m^{-3}) da cultura i na sub-bacia j ; e $WFP_{máx}$ a máxima produtividade física da água (kg m^{-3}) observada na bacia hidrográfica.

(b) **Segurança econômica:** os dois indicadores são:

(b₁) Razão de produtividade econômica da terra ($LEPR_{ij}$):

$$LEPR_{ij} = \frac{LEP_{i,j}}{LEP_{máx}} \quad (3)$$

Sendo: $LEP_{i,j}$ a produtividade econômica da terra ($\text{R\$ ha}^{-1}$) da cultura i na sub-bacia j ; e $LEP_{máx}$ a máxima produtividade econômica da terra ($\text{R\$ ha}^{-1}$) observada na bacia hidrográfica.

(b₂) Razão de produtividade econômica da água ($WEPR_{ij}$):

$$WEPR_{ij} = \frac{WEP_{i,j}}{WEP_{máx}} \quad (4)$$

Sendo: $WEP_{i,j}$ a produtividade econômica

da água ($\text{R\$ m}^{-3}$) da cultura i na sub-bacia j ; e $WEP_{máx}$ a máxima produtividade econômica da água ($\text{R\$ m}^{-3}$) observada na bacia hidrográfica.

(c) **Segurança social:** os dois indicadores são:

(c₁) Razão de número de empregos gerados por unidade de área ($LLABR_{ij}$):

$$LLABR_{ij} = \frac{LLAB_{i,j}}{LLAB_{máx}} \quad (5)$$

Sendo: $LLABR_{ij}$ o número de empregos gerados por unidade de área (empregos ha^{-1}) pela cultura i na bacia hidrográfica j ; e $LLAB_{máx}$ o número máximo de empregos gerados por unidade de área (empregos ha^{-1}) observado na bacia hidrográfica.

(c₂) Razão de número de empregos gerados por unidade de volume de água aplicado ($WLABR_{ij}$):

$$WLABR_{ij} = \frac{WLAB_{i,j}}{WLAB_{máx}} \quad (6)$$

Sendo: $WLABR_{ij}$ o número de empregos gerados por unidade de volume de água aplicada (empregos m^{-3}) pela cultura i na bacia hidrográfica j ; e $WLAB_{máx}$ o número máximo de empregos gerados por unidade de volume de água aplicada (empregos m^{-3}) observado na mesma bacia.

(d) **Ciclo da cultura (C)**

Culturas permanentes: $C_i = 1,0$

Culturas temporárias de ciclo longo (ciclo ≥ 180 dias): $C_i = 0,75$

Culturas temporárias de ciclo curto (ciclo < 180 dias): $C_i = 0,5$, sendo C_i o peso atribuído à cultura i , referente ao comprimento do ciclo.

Para formular um índice geral de desempenho da agricultura irrigada (I), são utilizados os indicadores de produtividade, normalizados pelo valor do indicador para o cultivo com máximo valor, como descrito em Frizzone e colaboradores (2021). Esse índice permite a iden-

tificação dos cultivos que podem ser favorecidos e aqueles que não deveriam ser incentivados, a partir de um dado cenário de escassez hídrica. O índice de desempenho (I_{ij}), para a cultura irrigada i na sub-bacia j , está descrito na equação a seguir:

$$I_{ij} = \alpha_1 LFPR_{ij} + \alpha_2 WFPR_{ij} + \alpha_3 LEPR_{ij} + \alpha_4 WEPR_{ij} + \alpha_5 LLABR_{ij} + \alpha_6 WLABR_{ij} + \alpha_7 C_i \quad (7)$$

Sendo: α os pesos atribuídos pelo gestor a cada razão de segurança de acordo com suas prioridades e $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_7 = 1$.

Quanto mais próximo de 1, melhor é o desempenho da cultura irrigada; conforme I_{ij} vai reduzindo, significa que uma ou mais razões de segurança estão baixas e a atividade agrícola necessita de alguma intervenção de melhoria. O índice I_{ij} serve para priorizar as atividades agrícolas irrigadas em diferentes cenários de escassez hídrica.

Outro indicador interessante é o fornecimento relativo de irrigação (FRI), o qual é definido como a relação entre quantidade de irrigação aplicada na cultura i na área j (VA_{ij} , $m^3 ha^{-1}$) e quantidade de água requerida pelo cultivo (VR_{ij}), estimada pela evapotranspiração de cultura.

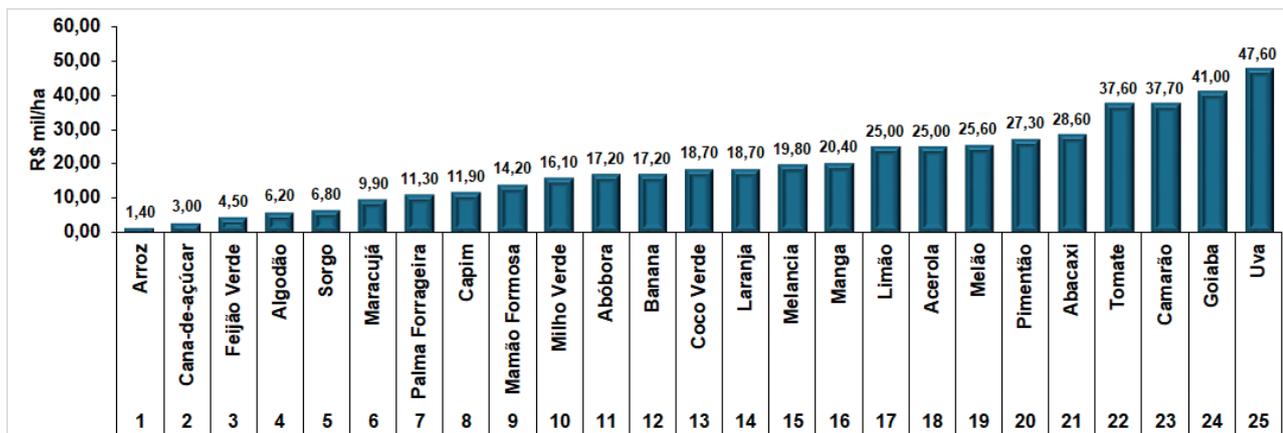
$$FRI = \frac{VA_{ij}}{VR_{ij}} \quad (8)$$

Indicadores da eficiência do uso da água em sistemas produtivos no estado do Ceará

Estudos realizados pela Agência de Desenvolvimento do Ceará (ADECE, 2015; Frizzone *et al.*, 2021) mostraram as respostas em termos produtivos, econômicos e sociais do uso da água em diversos sistemas produtivos. Sistemas mais intensivos, como a produção de camarão e de culturas como uva, tomate e goiaba, geraram mais renda por hectare (cf. Figura 2), enquanto culturas mais extensivas, como arroz e cana-de-açúcar, geraram os menores retornos econômicos do uso da terra. Essas duas últimas culturas também apresentam os mais baixos valores da eficiência econômica do uso da água, em R\$ m^{-3} , entre os 25 sistemas produtivos avaliados (cf. Figura 3). Por outro lado, a palma forrageira, face ao baixo consumo de água, e o tomate, face ao elevado valor agregado, foram as culturas que geraram maiores valores de produtividade econômica do uso da água.

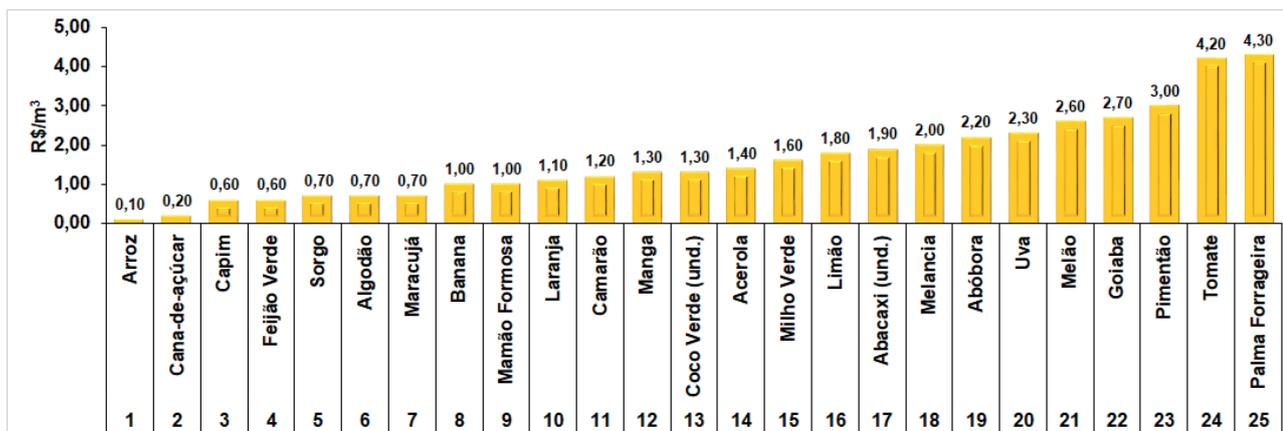


Figura 2 – Eficiência econômica em termos de geração de renda por hectare de diversos sistemas produtivos com uso da água no estado do Ceará



Fonte: ADECE (2015).

Figura 3 – Produtividade econômica da água, em R\$ m⁻³, de diversos sistemas produtivos no estado do Ceará



Fonte: ADECE (2015).

Estudo realizado por Frizzone e colaboradores (2020), com dados da região do Baixo Jaguaribe, no Ceará, em 2017, avaliou os indicadores de eficiência do uso da água de 24 culturas irrigadas, algumas das quais estão listadas na Tabela 1. Em termos de eficiência produtiva, considerando-se o indicador de produtividade física da água (kg m⁻³), destaca-se a palma forrageira, com valor bem superior às demais culturas. Enquanto a palma produz

45,5 kg de biomassa por m³ de água, a banana, principal cultura irrigada da região estudada, produz apenas 1,3 kg m⁻³. Em termos de produtividade econômica do uso da água, destacam-se as culturas do tomate e do maracujá, com, respectivamente, 6,9 e 5,4 R\$ m⁻³, as quais também se destacam na contribuição do valor bruto de produção (VBP) da agricultura do estado do Ceará.

Tabela 1 – Indicadores de eficiência do uso da água para culturas irrigadas na região do Baixo Jaguaribe, no Ceará

| Cultura | Produtividade física do uso da água (kg/m ³) | Produtividade econômica do uso da água (R\$/m ³) |
|------------------|--|--|
| Palma forrageira | 45,5 | 1,9 |
| Tomate | 9,0 | 6,9 |
| Mamão | 5,3 | 2,8 |
| Melão | 7,0 | 2,6 |
| Melancia | 6,1 | 0,4 |
| Maracujá | 2,1 | 5,4 |
| Banana | 1,3 | 1,2 |

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos dados publicados por Frizzone e colaboradores (2020).

Trabalho desenvolvido por Frizzone e colaboradores (2021) utilizou um conjunto de indicadores do uso da água (segurança produtiva, econômica e social) e estimou um índice de performance global (variando de 0 a 1), conforme definido no item anterior, para avaliar o desempenho da agricultura irrigada em dois cenários: (a) grande escassez hídrica; e (b) pequena escassez hídrica. Os resultados mostraram necessidade de redução do volume de água aplicado pela irrigação e aumento da produtividade, da renda e de empregos.

Ainda de acordo com Frizzone e colaboradores (2021), várias culturas com expressivas áreas cultivadas e, portanto, demandantes de elevados volumes de irrigação, como arroz, cana-de-açúcar, banana e coco verde, necessitam de intervenções técnicas relativas ao manejo do sistema solo-água-planta, visando à melhoria da produtividade com uso de menos água. Em condições de fortes restrições hídricas e de grande competição pelo uso da água, sugere-se que sejam prioritários os cultivos que apresentem índices de desempenho superiores, alguns deles destacados na Tabela 2.

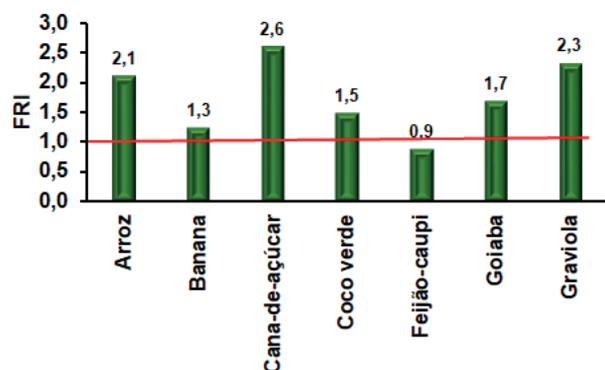
Tabela 2 – Classificação preferencial para uso da água de culturas irrigadas para condições de alta e baixa escassez hídrica no Baixo Jaguaribe, no Ceará, considerando-se o índice global de performance

| Classificação | Alta escassez hídrica | Baixa escassez hídrica |
|---------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | Palma forrageira | Tomate |
| 2 | Tomate | Maracujá |
| 3 | Mamão | Palma forrageira |
| 4 | Uva | Uva |
| 5 | Maracujá | Mamão |
| 11 | Banana | Banana |
| 24 | Arroz | Arroz |

Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos dados publicados por Frizzone e colaboradores (2021).

Dados de Frizzone e colaboradores (2021) também mostram o uso excessivo de água em muitas culturas (cf. Figura 4), o que se reflete no elevado fornecimento relativo de irrigação (FRI), também definido no item anterior. Culturas como arroz e cana-de-açúcar mostram valores de FRI superiores a 2,0, indicando que o volume de água aplicado foi pelo menos duas vezes o valor demandado.

Figura 4 – Fornecimento relativo de irrigação (FRI) para algumas culturas na região do Baixo Jaguaribe



Fonte: Elaborada pelos autores, a partir dos dados publicados por Frizzone e colaboradores (2021).

Nota: A linha vermelha (FRI = 1,0) indica a situação em que o volume aplicado é igual ao volume demandado. Valores acima de 1,0 indicam aplicação de água em excesso e valores inferiores a 1,0 indicam irrigação com déficit.

Eficiência produtiva e econômica das principais culturas irrigadas no estado do Ceará

Estudos recentes elaborados pela Quadrante Consultoria Econômica, patrocinados pelo Ipece/Seplag-CE, calculam a participação do agronegócio no valor adicionado bruto (VAB), no Ceará, em 2021, em 25,3%, sendo 6,2% correspondentes à produção do setor agropecuário. Do total do setor, 58,7% são da agricultura, 33,4% são da pecuária e 7,9% são da

atividade florestal, pesca e aquicultura. Em termos de agricultura, há cerca de 1,58 milhão de hectares plantados, sendo 95% de sequeiro e 5% de cultivos irrigados (IPECE, 2023).

Apesar da grande diferença em termos de área, os dados da SDE mostram que o PIB da agricultura é dividido praticamente ao meio entre os sistemas irrigados e os cultivos de sequeiro, demonstrando a alta eficiência dos sistemas irrigados. As principais cadeias produtivas da agricultura se encontram numa região definida pela Faec como “corredor da produção”, a qual inclui o noroeste, a faixa norte, a faixa leste e o sul do estado do Ceará (cf. Figura 1). Por outro lado, uma parte significativa da agricultura de sequeiro, mas não toda, encontra-se no coração do sertão, região que engloba o centro e a maior parte do oeste do estado do Ceará, região também onde a convivência com o semiárido é mais desafiadora.

A Tabela 3 mostra os dados de área cultivada, o preço médio dos produtos e a participação percentual no valor bruto da produção irrigada para os agropolos do estado do Ceará apresentados na Figura 1. Nota-se, na Tabela 3, que o estado alcançou uma área de cerca de 85 mil hectares irrigados em 2023. Os oito polos apresentados na tabela representam, respectivamente, 94,3% e 92,1% da área irrigada e do valor bruto da produção dos sistemas irrigados no estado, demonstrando a relevância social e econômica dessas áreas produtivas.

O polo da Ibiapaba se destaca por apresentar maior área e, principalmente, maior valor agregado dos produtos, evidenciado pelo alto valor do preço médio dos produtos quando comparado ao valor dos produtos dos demais polos irrigados (cf. Tabela 3). Salienta-se que o polo da Ibiapaba concentra as maiores áreas de produção de tomate e maracujá, sendo também destaque na produção em cultivo protegido, face às condições climáticas mais adequadas a esse tipo de empreendimento.

Tabela 3 – Área total, área colhida, preço médio e participação percentual no valor bruto da produção (VBP) dos principais agropolos irrigados no estado do Ceará, em 2023

| Culturas | Área total (ha) | Área colhida (ha) | Preço médio (R\$/t) | VBP (%) |
|--------------------------|-----------------|-------------------|---------------------|--------------|
| Ibiapaba | 25.832 | 24.288 | 2.617 | 50,3 |
| Baixo Jaguaribe | 19.542 | 18.620 | 1.462 | 16,2 |
| Cariri | 9.846 | 8.597 | 1.651 | 8,0 |
| Acaraú | 7.042 | 6.206 | 963 | 4,7 |
| Paraipaba | 10.345 | 9.756 | 535 | 3,7 |
| Metropolitano | 4.058 | 4.028 | 1.015 | 2,8 |
| Araras Norte | 1.689 | 1.632 | 2.025 | 2,8 |
| Centro Sul | 2.336 | 2.299 | 1.721 | 2,7 |
| Total – agropolos | 80.690 | 75.426 | | 91,2 |
| Total – Ceará | 85.498 | 80.099 | | 100,0 |

Fonte: Elaborada pela SDE/Secex-AGRO, a partir de dados do IBGE-CE/REAGRO.

A Tabela 4 demonstra a importância do tipo de cultura para a geração de renda no meio rural. As culturas do tomate e maracujá, predominantes na região da Ibiapaba, respondem pelos maiores VBPs dos sistemas irrigados, mesmo com áreas relativamente pequenas, quando comparados com os valores das culturas da banana (cultivada sob irrigação principalmente nos polos do Baixo Jaguaribe, Baixo Acaraú e Cariri) e do coco (cultivado sob irrigação principalmente nos polos de Paraipaba, Baixo Acaraú e Baixo Jaguaribe). A diferença está exatamente no valor médio dos produtos, sendo bem superior para as duas primeiras culturas, as quais predominam na região da Ibiapaba.

Tabela 4 – Área colhida, produtividade, produção, preço médio e valor bruto da produção (VBP) das principais culturas irrigadas no estado do Ceará, em 2023

| Culturas | Área colhida (ha) | Produtividade (kg/ha) | Produção total (t) | Preço médio (R\$/t) | VBP (R\$) |
|--------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|-------------|
| Tomate | 2.550 | 72.474 | 184.809 | 3.879 | 716.874.111 |
| Maracujá | 6.603 | 23.269 | 153.645 | 4.103 | 630.405.435 |
| Banana | 12.937 | 22.767 | 294.532 | 1.623 | 478.035.436 |
| Coco | 16.648 | 25.793 | 429.402 | 532 | 228.441.864 |
| Batata-doce | 5.445 | 23.879 | 130.021 | 1.653 | 214.924.713 |
| Coentro/ cebolinha | 3.204 | 12.027 | 38.535 | 4.889 | 188.397.615 |
| Mamão | 1.489 | 74.170 | 110.439 | 1.582 | 174.714.498 |
| Acerola | 2.713 | 18.709 | 50.758 | 2.477 | 125.727.566 |
| Melão | 2.074 | 31.645 | 65.632 | 1.388 | 91.097.216 |

Fonte: Elaborada pela SDE/Secex-AGRO, a partir de dados do IBGE-CE/REAGRO.

Os dados das Tabelas 3 e 4 mostram a importância de ampliar os investimentos em culturas de elevado valor agregado, as quais geram maior eficiência econômica e social para o uso da água na agricultura irrigada no clima semiárido tropical, favorecendo a sustentabilidade na geração de renda e empregos num ambiente com restrições em termos de disponibilidade de recursos hídricos e de áreas agricultáveis. É importante salientar que a intensificação da agricultura irrigada, particularmente no estado do Ceará, deve estar associada a um amplo programa, que contemple a segurança hídrica de longo prazo, a assistência técnica aos irrigantes – principalmente os de base familiar –, o aumento da eficiência do uso dos recursos naturais e a redução dos riscos ambientais.

Acredita-se que investir em novas culturas exóticas de alto valor agregado, como mirtilo e abacate Hass (avocado), pode ser uma alternativa para incrementar a renda e os empregos no meio rural. Contudo, torna-se necessária a realização de estudos para avaliar a adaptabilidade genética dessas culturas em diferentes áreas da região, bem como estudos para avaliar possíveis impactos socioambientais associados à introdução de espécies exóticas àquele meio ambiente.

Considerações finais

A eficiência produtiva e econômica dos sistemas irrigados é fator decisivo para o desenvolvimento do semiárido brasileiro. Nesse sentido, torna-se fundamental a utilização de indicadores técnicos e socioeconômicos relacionados ao uso eficiente dos recursos hídricos. Esses indicadores incluem: segurança da produção de alimentos; segurança hídrica para garantir disponibilidade, acessibilidade e sustentabilidade; segurança econômica para garantir renda ao agricultor e manutenção da produção; e segurança social para garantir empregos e fixação do homem no campo. Os dados apresentados neste artigo, obtidos em estudos realizados no

estado do Ceará, mostram que esses indicadores de uso da água podem efetivamente contribuir para a tomada de decisão no meio rural, dando suporte às políticas públicas relacionadas ao uso da água e podendo contribuir para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas sob clima tropical semiárido.

O incremento de áreas irrigadas com culturas de maior valor agregado é um caminho a ser seguido, considerando-se a necessidade de maior eficiência do uso da terra e da água nessa região. Entretanto, o aumento da área irrigada no semiárido brasileiro, independentemente do tipo de cultura, somente pode ser realizado com segurança hídrica de longo prazo, buscando-se ao mesmo tempo reduzir os riscos sociais, econômicos e ambientais. Estudos futuros, particularmente relacionados às condições do estado do Ceará, devem discutir mais detalhadamente as dificuldades práticas de incremento da área irrigada e explorar mais profundamente os impactos socioambientais dessa atividade.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa Cientista-Chefe em Agricultura, do Governo do Estado do Ceará (Convênio n. 14/2022 SDE/ADECE/FUNCAP e Processo n. 08126425/2020/FUNCAP), pela concessão de bolsas de inovação e pelo suporte financeiro para a realização dos estudos. Agradecemos também ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical (INCTAgriS/CNPq/FUNCAP/CAPES)(Processo CNPq n. 406570/2022-1).

Referências

ADECE – Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. **Estudo técnico para a alocação de água destinada à irrigação no Médio e Baixo Jaguaribe definindo os critérios e o monitoramento:** relatório final. Fortaleza: ADECE, 2015. Disponível em: https://www.adece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/98/2017/07/relatorio_3.1-7.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.

ADECE – Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará. **Perfil da produção de frutas Brasil Ceará 2013.** Fortaleza: ADECE, 2013. Disponível em: https://www.adece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/98/2012/09/perfil_da_producao_de_frutas_brasil_ceara_2013_frutal.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas Irrigação:** área irrigada atual e potencial, tipologia, município e UF. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/publicacoes>. Acesso em: 6 set. 2024.

CAVALCANTE, E. S.; LACERDA, C. F. de; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. R.; PINHO, L. L.; BEZERRA, F. M. S.; OLIVEIRA, A. C. de; CANJÁ, J. F. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 78, n. 1, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/8TKKByHVfgM6QgCBGXwn85G/?lang=en#>. Acesso em: 4 set. 2024.

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Síntese informativa dos projetos públicos de irrigação com suas respectivas fontes hídricas (ano agrícola 2021).** [Online]: DNOCS, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br/assuntos/capacitacao-e-desenvolvimento/relatorios>. Acesso em: 6 set. 2024.

FRIZZONE, J. A.; LIMA, S. C. R. V.; CAMARGO, D. C.; COSTA, F. R. B.; MAGALHÃES, J. S. B.; MELO, V. G. M. L. de. Indicators and criteria to define the priority for irrigation water use in the Baixo Jaguaribe Basin, Brasil. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v. 14, p. 3875-3888, 2020. Disponível em: <https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/1103>. Acesso em: 4 set. 2024.

FRIZZONE, J. A.; LIMA, S. C. R. V.; LACERDA, C. F. L.; MATEOS, L. Socio-economic indexes for water use in irrigation in a representative basin of the tropical semiarid region. *Water*, [Online], v. 13, n. 9, p. 1-20, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/19/2643>. Acesso em: 4 set. 2024.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **O produto interno bruto do Ceará na ótica da produção e da renda – 2021.** Fortaleza: IPECE, 2023. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2023/12/PIB_Ceara_nas_Oticas_Producao_e_Renda2021.pdf. Acesso em: 4 set. 2024.

LIMA, S. C. R. V.; SOUZA, F. de; FRIZZONE, J. A.; CAMARGO, D. C.; BELTRÃO JÚNIOR, J. A.; NASCIMENTO, A. K. S. do. Desempenho do sistema de assessoramento ao irrigante – S@I para a gestão da água em áreas irrigadas: benefícios aos irrigantes e ao distrito. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v. 9, p. 1-13, 2015. Disponível em: <https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/268>. Acesso em: 4 set. 2024.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, [Online], v. 129, p. 1189-1200, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-016-1840-8>. Acesso em: 4 set. 2024.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo:** a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. [Online]: ONU, 2015. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 5 set. 2024.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management*, [Online], v. 108, p. 39-51, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377411002290>. Acesso em: 4 set. 2024.

PERRY, C.; STEDUTO, P.; ALLEN, R. G.; BURT, C. M. Increasing productivity in irrigated agriculture: agronomic constraints and hydrological realities. *Agricultural Water Management*, [Online], v. 96, n. 11, p. 1517-1524, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377409001668?via%3Dihub>. Acesso em: 4 set. 2024.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Delimitação do semiárido brasileiro.** [Online], 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 6 set. 2024.

Colaboraram nesta edição

ADRIANA CRUZ DE OLIVEIRA

Engenheira agrônoma, mestra em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (UFC), técnica em Desenvolvimento Tecnológico (Instituto Centec/SDE).

adriana.cruz@centec.org.br

CLAUDIVAN FEITOSA DE LACERDA

Engenheiro agrônomo, doutor em Ciências Agrárias (Fisiologia Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado pela University of California/US Salinity Laboratory, professor titular da Universidade Federal do Ceará (UFC).

cfeitosa@ufc.br

EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI

Engenheiro agrícola, doutor em Agronomia (Manejo da Irrigação) e mestre em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem), professor titular da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ex-presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).

everardo@ufv.br

FLÁVIO GONÇALVES OLIVEIRA

Engenheiro agrícola, doutor e mestre em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem), professor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e diretor da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).

flaviogoliveira.ufmg@hotmail.com

GIOVANNA ALVES SILVEIRA

Engenheira agrícola e ambiental, graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Campus Montes Claros.

giovannaalves048@gmail.com

GREGÓRIO GUIRADO FACCIOLI

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado pela Universidad de Sevilla, professor da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

gregorioufs@gmail.com

GUILHERME TORRES VIANA

Engenheiro agrícola e ambiental, graduado em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Campus Montes Claros.

guivianatorres@gmail.com

GUSTAVO HADDAD SOUZA VIEIRA

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado pela University of Florida, professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Santa Teresa.

gHSV@ifes.edu.br

IGOR BONINSENHA

Engenheiro agrônomo, doutorando em Engenharia Agrícola (Manejo da Irrigação) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), diretor de operações da Scriagri, empresa de inovação e tecnologia no setor agropecuário.

igor.boninsenha@ufv.br

JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE

Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP), professor titular aposentado da Universidade de São Paulo (USP).

frizzone@usp.br

JOSÉ SÉRGIO BAIMA MAGALHÃES

Engenheiro agrônomo, pós-graduado em Auditoria, Perícia e Gestão do Meio Ambiente pelo Instituto Brasileiro de Extensão e Cursos (Inbec), técnico da Coordenadoria de Atração de Novos Negócios para o Agronegócio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico (SDE) do Governo do Estado do Ceará.

sergio.baima@sde.ce.gov.br

JULIO CÉSAR DE OLIVEIRA SOBRINHO PERES

Engenheiro agrícola e ambiental, graduado em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Campus Montes Claros.

julioperesos_@outlook.com

MARCELO ROSSI VICENTE

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola (Conservação de Solo e Água) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), professor do Instituto Federal do Norte de Minas (IGNMG), Campus Salinas.

marcelo.vicente@ifnmg.edu.br

SÍLVIO CARLOS RIBEIRO VIEIRA LIMA

Engenheiro agrônomo, doutor em Ciências Agrárias (Irrigação e Drenagem) pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP), secretário-executivo do agronegócio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico (SDE) do Governo do Estado do Ceará e presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).

silvio.carlos@sde.ce.gov.br

VANDEMBERK ROCHA DE OLIVEIRA

Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal do Ceará (UFC), assessor técnico da Secretaria Executiva do Agronegócio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico (SDE) do Governo do Estado do Ceará.

vandemberk.oliveira@sde.ce.gov.br

VIVIANE DA SILVA BARROS

Engenheira agrônoma, doutora em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), com pós-doutorado pela Universidade Estadual do Ceará (UECE) e pelo Centro Nacional de Agroindústria Tropical (Embrapa Agroindústria Tropical), pesquisadora da Embrapa e professora visitante do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (PPGEA/UFC).

viviane.barros@ufc.br



REALIZAÇÃO

CORREALIZAÇÃO



APOIO



PATROCÍNIO DIAMANTE



EXPOSITORES



PATROCÍNIOS VARIADOS





REPRESENTAÇÃO

A voz e a representação de seus associados em pautas públicas e privadas



PROJETOS E EVENTOS

Execução de Projetos e Promoção de Eventos que criem valor para os associados



ARTICULAÇÃO

Articulação em pautas legislativa e administrativa



A APROFIR-MT valoriza a agricultura irrigada e promove ações para o desenvolvimento de:

- Feijão
- Grãos Especiais
- Pulses
- Irrigação

APROFIR-MT é associada ao:



Atua em pesquisa, desenvolvimento das culturas, apoio à gestão das associadas e outras atividades de acordo com o seu Estatuto.

