



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE
IRRIGAÇÃO E
DRENAGEM

ITEM

Irrigação e Tecnologia Moderna

Agosto de 2026



**A experiência inovadora do Laboratório Móvel
de Irrigação do CBH Paranaíba | pág. 5**

*O clima no Noroeste Paulista e o cacau
como opção de cultivo | pág. 65*

*Irrigação como estratégia de mitigação das ondas de
calor em sistemas agrícolas: uma revisão | pág. 85*



Tecnologia para automatizar a gestão da água agrícola, com irrigação sob demanda

Nossas soluções em larga escala permitem que a eficiência do uso da água passe de 50% ou 60%, para 90% em áreas modernizadas.

Rubicon Water é uma empresa de Pesquisa e Desenvolvimento, com projetos instalados em 22 países, incluindo Chile, Argentina, Costa Rica, México e os mais importantes distritos de irrigação dos Estados Unidos.



rubiconwater.com



REVISTA DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – Abid

Nº 130 - Agosto de 2026

ISSN 0102-115X

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 Rodríguez 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 à Abid

Athos, CN Agrotech Solutions, Itaueira, Finoagro, 3v3 Tecnologia, Aprofir-MT, Asbranor, Bauer, Netafim, Rivulis, Rubicon, Senniger.

Apoiadoras da Revista Item

Aprofir-MT e CSEI/Abimaq.

Conselho Editorial

Maria Emília Borges Alves, João Batista Ribeiro da Silva Reis, Fúlvio Rodríguez 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 Rodríguez 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 e Fúlvio Rodríguez Simão.

Contato

A/c Aline Trindade

associados@abid.org.br

CLNW 10/11, Bloco H, Loja 8, Mezanino Brise Cooffice, Noroeste, CEP: 70.686-640, Brasília-DF

Editor executivo

João Batista Ribeiro da Silva Reis

Projeto gráfico e diagramação

Valéria Gedanken

Foto da capa

CBH Paranaíba

Revisão de texto

João Gustavo Borges Marques

Leia nesta edição

Editorial | 4

Destaque de capa | Avaliação de sistemas irrigados como ferramenta de gestão hídrica: a experiência inovadora do Laboratório Móvel de Irrigação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba | 5

Notícias | 27

Dia Nacional da Agricultura Irrigada: o papel da Abid no fortalecimento do setor | 27

Panorama da missão técnica da Abid na Andaluzia, Espanha, em 2025 | 31

Panorama da missão técnica da Abid na Andaluzia, Espanha, em 2026 | 34

Panorama da missão técnica da Abid na Califórnia, Estados Unidos, em 2026 | 37

Rede FLAIS: uma plataforma latino-americana para fortalecer a cooperação científica em irrigação sustentável | 41

Mesas-redondas do XXXIV Conird | | 45

Inteligência artificial e sensoriamento remoto na otimização da gestão hídrica | 45

Economia circular na agricultura irrigada: reúso de água e valoração de recursos naturais | 48

Agricultura irrigada e estratégias de mitigação da degradação do solo | 53

Preservação de sistemas hidráulicos: manutenção, segurança hídrica e prevenção de falhas | 57

Investimentos públicos e privados para expansão da irrigação | 61

Artigos técnico-científicos | 65

O clima no Noroeste Paulista e o cacau como opção de cultivo | 65

Irrigação como estratégia de mitigação das ondas de calor em sistemas agrícolas: uma revisão | 85

Nota técnica | Segurança hídrica e energética: grandes desafios para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada brasileira | 96

Colaboraram nesta edição | 101

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.

A Revista Item, dando seguimento à sua tradição editorial, destaca temas importantes para o desenvolvimento e a sustentabilidade da agricultura irrigada nacional. Neste número, trazemos uma rica seleção de artigos técnico-científicos de grande relevância, relatos das mesas-redondas do último Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird), realizado em Fortaleza, um destaque especial para a semana que celebrou o Dia Nacional da Agricultura Irrigada, além de importantes atualizações sobre iniciativas e eventos institucionais, como os relatos das missões realizadas na Espanha e nos Estados Unidos.

Neste número, exploramos temas de vanguarda e com forte aplicabilidade à atuação do setor. Os leitores encontrarão um artigo com análise aprofundada sobre a irrigação do cacau e suas promissoras perspectivas no cenário nacional. Também é apresentado um artigo de revisão técnica da irrigação como estratégia de mitigação das ondas de calor em sistemas agrícolas. Soma-se a essas discussões um artigo relatando a experiência inovadora do Laboratório Móvel de Irrigação, uma iniciativa de gestão hídrica que reforça o esforço do setor em levar suporte tecnológico diretamente para a realidade do campo, otimizando o uso dos recursos hídricos em bacias hidrográficas.

Outro ponto relevante desta edição se refere aos relatos das mesas-redondas realizados no Conird em Fortaleza, em 2025, que fomentaram debates estratégicos para o futuro do setor. Os eixos discutidos foram abrangentes, incluindo a otimização da gestão hídrica por meio de inteligência artificial e sensoriamento remoto, a aplicação da economia circular com foco no reúso de água e na valoração dos recursos naturais. Os relatos também incluíram a discussão de estratégias para mitigar a degradação do solo na agricultura irrigada, a importância da preservação de sistemas hidráulicos para a prevenção de falhas e, não menos importante, as oportunidades e os desafios na reivindicação de investimentos públicos e privados visando à expansão da irrigação.

Evidenciando a busca constante por aprimoramento e intercâmbio técnico e científico, reservamos um espaço especial para compartilhar os resultados e as experiências das recentes missões internacionais, trazendo as vivências das comitivas na Espanha em duas oportunidades (2025 e 2026) e também nos Estados Unidos (2026).

Um destaque muito especial deste número foi a celebração do Dia Nacional da Agricultura Irrigada, que

ocorre em 15 de junho; neste ano, durante a semana, aconteceram várias atividades comemorativas que remeteram a esse dia tão importante, em Brasília. No Senado Federal, uma sessão solene enfatizou a pauta central do setor, isto é, a irrigação como instrumento estratégico para a segurança alimentar, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental do país. A Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) também participou de eventos importantes na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e na Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), onde ocorreu a solenidade de assinatura do protocolo de intenções acerca do acordo de cooperação da associação com o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR). Em outra atividade ocorrida na semana, a Abid também assinou um acordo de cooperação técnica com a Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (Aesbe).

Na seção de nota técnica, é apresentada uma abordagem importante sobre a segurança hídrica e energética, as quais se apresentam como um desafio para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada brasileira. Para complementar esta edição, relatamos as atualizações sobre os cursos a serem oferecidos e as movimentações e notícias referentes ao Fórum Latino-Americano de Irrigação Sustentável Rede FLAIS, que corresponde a uma plataforma internacional concebida por pesquisadores e instituições comprometidos com o fortalecimento da cooperação científica em irrigação, drenagem, agricultura irrigada e gestão dos recursos hídricos.

Com esta edição de número 130, ressaltamos os importantes progressos na agricultura irrigada no Brasil, além da evolução e da eficiência da Abid e sua diretoria como elementos-chave nesse processo. Em dezembro de 2026, esperamos nos encontrar em Fortaleza para efetivar nosso compromisso com o setor da agricultura nacional no XXXV Conird. Nos vemos lá!



João Batista Ribeiro da Silva Reis
Diretor de Publicações



Fúlvio Rodriguez Simão
Subdiretor de Publicações

Avaliação de sistemas irrigados como ferramenta de gestão hídrica: a experiência inovadora do Laboratório Móvel de Irrigação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba

João Ricardo Raiser | Fábio Bakker Isaías | Sílvia Carlos Ribeiro Vieira Lima

Resumo

A disponibilidade hídrica sofre pressão por usos, alterações no uso do solo e variações climáticas, bem como por limitações dos sistemas de gestão. Além da necessidade de ações ligadas à oferta, é preciso atuar sobre a eficiência dos usos e a gestão da demanda. Nesse contexto, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba) implementou o Laboratório Móvel de Irrigação (LMI), buscando integrar a avaliação técnica das irrigações, a gestão hídrica e as políticas de desenvolvimento do setor. Este artigo apresenta a concepção, a estrutura, a metodologia de atuação e os resultados preliminares do LMI a partir da sistematização de 137 avaliações realizadas em Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal, com diferentes tecnologias, culturas e perfis produtivos. Tal análise permitiu obter um extrato da irrigação na bacia e também vislumbrar as potencialidades e os impactos dos projetos. Os resultados demonstram a recorrência de não conformidades operacionais, hidráulicas e de distribuição, associadas à ausência de monitoramento sistemático, deficiências de manutenção e inadequações operacionais. Nesse sentido, há um potencial significativo de melhoria da eficiência hídrica e energética por meio de ajustes operacionais, de



Foto: CBH Paranaíba.

manutenção e capacitação. Os resultados apontam que o LMI pode auxiliar na aproximação entre os usuários e a gestão hídrica, apoiando a gestão da demanda, reduzindo as pressões sobre os mananciais e aprimorando as políticas setoriais. Conclui-se que o LMI representa importante contribuição para a irrigação, articulando avaliação técnica, apoio ao usuário e gestão de bacia como uma ferramenta para segurança hídrica, promoção do uso racional da água e fortalecimento das políticas públicas voltadas à gestão das águas e à agricultura irrigada, com potencial de replicação em outros comitês de bacia do país.

Palavras-chave: agricultura irrigada; gestão da demanda hídrica; eficiência do uso da água; comitê de bacia hidrográfica; segurança hídrica.

Irrigation system assessment as a water demand management tool: the innovative experience of the Paranaíba River Basin Committee's Mobile Irrigation Laboratory

Abstract

Water availability is affected by growing water demands, land-use changes, climate variability, and limitations in water management systems. In addition to measures aimed at increasing water supply, it is essential to promote water-use efficiency and strengthen demand management strategies. In this context, the Paranaíba River Basin Committee (CBH Paranaíba) implemented the Mobile Irrigation Laboratory (LMI), an initiative designed to integrate technical irrigation assessments, water

resources management, and sectoral development policies. This paper presents the conception, operational structure, methodology, and preliminary results of the LMI based on the systematization of 137 irrigation system evaluations conducted in the states of Goiás and Minas Gerais, and the Federal District. The assessments covered different irrigation technologies, crops, and production profiles, providing an overview of irrigation conditions within the basin and enabling the identification of the project's potential contributions and impacts. The results revealed recurring operational, hydraulic, and water distribution deficiencies, largely associated with the absence of systematic monitoring, inadequate maintenance practices, and operational shortcomings. The findings indicate significant potential for improving both water-use and energy-use efficiency through operational adjustments, preventive maintenance, and technical training of irrigators. The results also suggest that the LMI can strengthen the relationship between water users and water resources management institutions, supporting demand management strategies, reducing pressures on water bodies, and contributing to the improvement of sectoral policies. We concluded that the LMI represents an important contribution to irrigated agriculture by integrating technical assessment, user support, and basin-scale water management. The initiative constitutes a strategic tool for enhancing water security, promoting the rational use of water resources, and strengthening public policies related to water management and irrigated agriculture, while presenting significant potential for replication in other river basins.

Keywords: irrigated agriculture; water demand management; water-use efficiency; river basin committee; water security.

1 Introdução

A agricultura irrigada desempenha um papel estratégico para a produção de alimentos e o desenvolvimento econômico e social do Brasil. Sob a ótica hídrica, destaca-se também por representar um dos principais usos consuntivos, respondendo por parcela significativa das vazões alocadas aos múltiplos usos (ANA, 2021). Nesse aspecto, o setor apresenta um cenário sensível em regiões onde se observa a expansão das áreas irrigadas, associada à concentração de demandas e às limitações da disponibilidade hídrica, configurando contextos de crescente pressão sobre os mananciais.

Na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, essas condições se manifestam de forma particularmente relevante em função da diversidade de usos e da intensificação da atividade agrícola – com contínua e consistente expansão da irrigação –, que se somam à geração de energia, ao abastecimento humano, à indústria e à mineração. Como consequência, observam-se a ampliação das áreas de conflito pelo uso da água, bem como o aumento das restrições à disponibilidade de vazões outorgáveis, evidenciando a necessidade de aprimoramento dos instrumentos de gestão e das estratégias voltadas à segurança hídrica na bacia.

Nesse contexto, os desafios da gestão dos recursos hídricos não se restringem à alocação de vazões, mas também envolvem a compatibilização dos usos múltiplos com a disponibilidade hídrica e a sustentabilidade ambiental (Setti *et al.*, 2001). Em um cenário cada vez mais marcado pela variabilidade climática, pela intensificação dos usos e pelos conflitos acerca da disponibilidade hídrica, a irrigação – essencial para a manutenção e a expansão da produção agrícola – passa a demandar avanços que extrapolam a dimensão tecnológica, incorporando a necessidade de aprimoramento operacional, isto é, do manejo e da eficiência na atividade.

No âmbito do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba), está consolidada a compreensão de que as soluções para os desafios hídricos dependem do envolvimento direto dos usuários, não apenas como agentes regulados, mas como atores estratégicos no processo de gestão. A partir dessa premissa, e com o suporte dos instrumentos disponíveis – em especial, os recursos oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos –, o comitê tem buscado exercer um papel indutor de iniciativas voltadas à melhoria do desempenho dos sistemas produtivos e à promoção do uso racional da água (Brasil, 1997).



Foto: CBH Paranaíba.

Apesar dos avanços observados no campo tecnológico e institucional, ainda é possível perceber relevantes lacunas entre os referenciais teóricos e normativos, as boas práticas para o setor de irrigação e a realidade operacional observada nas propriedades. Essas lacunas se expressam, em grande medida, na ineficiência de sistemas, na ocorrência de perdas de recursos hídricos e na limitação de práticas adequadas de manejo, evidenciando um potencial significativo de melhoria da eficiência hídrica, energética e produtiva.

Assim, destaca-se que parte representativa dessas melhorias não depende necessariamente da aquisição ou da adoção de novas tecnologias; ao contrário, tais melhorias estão diretamente relacionadas à qualificação da operação e à manutenção adequada dos sistemas, além da capacitação técnica dos irrigantes, aspectos estes que influenciam de forma decisiva o desempenho dos sistemas e o uso eficiente dos recursos envolvidos.

Na implementação desse projeto, o CBH Paranaíba buscou consolidar o entendimento de que os desafios associados à eficiência da irrigação não podem ser enfrentados somente pelo setor ou de forma isolada ou restrita à avaliação dos equipamentos, exigindo abordagens mais amplas, capazes de articular diagnóstico técnico, capacitação, assistência técnica, instrumentos de gestão e, principalmente, políticas públicas setoriais. De forma complementar, para a boa execução do projeto, foi adotada como princípio a articulação do CBH Paranaíba com instituições estratégicas, visando à integração de ações e à construção de soluções compatíveis com a realidade dos usuários e da bacia.

É nesse contexto que se inseriu a concepção do Laboratório Móvel de Irrigação (LMI), idealizado como uma iniciativa voltada à integração entre avaliação técnica, extensão

rural e gestão de recursos hídricos, ampliando a capacidade de atuação do comitê como indutor de inovação e como instrumento de promoção da segurança hídrica na bacia.

O LMI se caracteriza como uma estrutura itinerante, equipada com tecnologias destinadas à avaliação de diferentes sistemas de irrigação, operada por equipe técnica especializada, com o objetivo de analisar o desempenho dos sistemas, identificar padrões de eficiência e orientar os usuários quanto à melhoria da eficiência hídrica e energética, gerando efeitos também sobre a produtividade dos sistemas produtivos.

As avaliações foram iniciadas no segundo semestre de 2025, em três áreas consideradas críticas – alto do Rio Meia Ponte (GO), alto do Rio Descoberto (DF) e Rio Bagagem (MG). Considerando somente as avaliações realizadas em 2025 – objeto desta análise –, somam-se 137 avaliações (LMI, 2026), as quais já permitem a identificação de padrões significativos e recorrentes de ineficiência de natureza hidráulica, operacional e energética.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo apresentar a concepção, a estrutura operacional e a metodologia de atuação do Laboratório Móvel de Irrigação do CBH Paranaíba, posicionando-o como instrumento voltado: à promoção da eficiência do uso da água na irrigação; de forma indireta, ao incremento da disponibilidade hídrica na bacia; e à promoção de políticas públicas para o setor de irrigação.

Os resultados obtidos evidenciam padrões consistentes, apontando para a necessidade de melhoria da eficiência nos sistemas avaliados, de capacitação operacional dos usuários e da construção de políticas públicas integradas, articulando irrigação, eficiência produtiva e gestão sustentável dos recursos hídricos.

2 Contexto e concepção do Laboratório Móvel de Irrigação

A gestão de recursos hídricos no Brasil está estruturada a partir da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e adota como base um modelo descentralizado, participativo e integrado de tomada de decisão (Brasil, 1997). Nesse arranjo institucional, os comitês de bacia hidrográfica assumem papel central como instâncias de articulação e negociação entre os diversos atores envolvidos na gestão das águas (Porto; Porto, 2008), onde representantes do Poder Público, dos usuários e da sociedade civil participam da definição de diretrizes para o uso, a conservação e a gestão dos recursos hídricos, bem como para a articulação e a integração das políticas públicas ligadas ou dependentes desses recursos.

Nesse modelo, as decisões tomadas de forma participativa são operacionalizadas por meio de um conjunto de instrumentos que têm como finalidade não apenas regular o uso da água, mas também planejar e induzir a adoção de práticas mais eficientes e compatíveis com a disponibilidade hídrica existente. Entre esses instrumentos, destaca-se a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, que, além de reconhecer a água como um bem de valor econômico, possibilita a arrecadação de recursos destinados ao financiamento de programas e ações estruturantes no âmbito das bacias hidrográficas.

No contexto da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, região caracterizada pela diversidade de usos, pela intensificação das demandas e pela expansão das áreas irrigadas, observa-se o aprofundamento de pressões sobre a disponibilidade hídrica, o qual se reflete na ampliação de áreas de conflito e na redução

das vazões disponíveis para outorga. Diante dessa realidade, a atuação do comitê tem buscado evoluir da tradicional abordagem predominantemente regulatória para uma perspectiva propositiva, orientada à gestão da demanda e ao apoio direto aos usuários – especialmente, aos usuários no setor da irrigação, que representam aproximadamente 50% das demandas da bacia (ANA, 2025).

2.1 Origem e construção da iniciativa

A concepção do Laboratório Móvel de Irrigação insere-se no processo de evolução da atuação do comitê, ancorada na compreensão de que as soluções para os desafios da segurança hídrica dependem da participação ativa dos setores usuários. A iniciativa emerge, portanto, da necessidade de uma atuação mais direta em áreas críticas da bacia, caracterizadas por conflitos pelo uso da água e por limitações na disponibilidade hídrica, áreas nas quais se observa a necessidade de intervenções capazes de promover, de forma simultânea, a melhoria do desempenho técnico dos sistemas e a redução das pressões sobre os mananciais.

Assim, o processo de construção do LMI teve início a partir de uma provocação técnica apresentada por especialista em recursos hídricos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) à diretoria do CBH Paranaíba. A partir desse momento, a diretoria do comitê passou a desempenhar um papel central na articulação institucional e no desenvolvimento do modelo conceitual da iniciativa, com apoio da equipe técnica e de representações setoriais.

Definidas as diretrizes técnicas, os princípios e a governança do projeto, coube à Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas

(ABHA Gestão de Águas) – entidade delegatária das funções de agência de bacia – estruturar e operacionalizar o LMI, incluindo a contratação da instituição executora (ABHA Gestão de Águas, 2024). Nessa etapa, em razão da sua experiência na área de irrigação e inovação, o Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada do Centro-Oeste (Instituto Inovagri) foi selecionado para a estruturação e a operacionalização do LMI.

Esse arranjo evidenciou a importância da articulação entre planejamento estratégico, governança participativa e execução técnica especializada, elementos que, quando integrados, ampliaram a capacidade de implementação de iniciativas estruturantes no âmbito da gestão de recursos hídricos na bacia.

2.2 Objetivos do Laboratório Móvel de Irrigação

O LMI foi concebido com o objetivo de promover maior aproximação entre os irrigantes e a gestão de recursos hídricos por meio da oferta de suporte técnico qualificado, envolvendo a realização de avaliações técnicas dos sistemas de irrigação, a identificação de condições de desempenho e a orientação dos usuários quanto à melhoria operacional dos equipamentos e do manejo, tendo como referência a busca por maior eficiência no uso da água e da energia.

Em outra vertente, o projeto também gera informações técnicas que, agrupadas, serão utilizadas para subsidiar a gestão das águas e a formulação de políticas públicas voltadas ao setor, mantendo, contudo, seu caráter não coercitivo, sem qualquer vinculação a processos de fiscalização ou regulação dos usos avaliados.

2.3 Caráter inovador da iniciativa

A atuação do Laboratório Móvel de Irrigação diferencia-se por articular, de forma integrada, elementos que tradicionalmente se encontram dispersos entre políticas públicas, iniciativas de assistência técnica e instrumentos de gestão de recursos hídricos. Sua atuação itinerante e direta em campo permite aproximar o conhecimento técnico da realidade operacional das propriedades, superando limitações frequentemente observadas em modelos convencionais de assistência e monitoramento. Ao integrar avaliação técnica, orientação aos usuários e geração de informações qualificadas, o LMI contribui simultaneamente para a melhoria do desempenho dos sistemas irrigados e para o fortalecimento da base de informações disponíveis para a gestão.

Destaca-se, na atuação do LMI, que as avaliações realizadas são estritamente orientativas, conduzidas em ambiente de cooperação voluntária com os irrigantes, com respaldo em acordos de confidencialidade que garantem que as informações coletadas não sejam utilizadas para fins de fiscalização ou regulação. Portanto, desvincula-se a iniciativa da lógica de comando e controle, estabelecendo uma relação baseada na confiança, na cooperação e na construção conjunta de soluções. Essa abordagem permite posicionar o LMI como uma interface entre engenharia, extensão e governança, com potencial de impactar diretamente o desempenho dos sistemas produtivos e contribuir para a melhoria da disponibilidade hídrica em escala de bacia.

Logo, o caráter inovador da iniciativa não se restringe à sua estrutura operacional ou aos equipamentos empregados, dado que, fundamentalmente, possui a capacidade de integrar gestão hídrica, engenharia, assis-

tência técnica e produção de conhecimento, fortalecendo a gestão da demanda hídrica e ampliando o papel dos comitês de bacia como indutores de práticas mais eficientes e sustentáveis.

3 Estrutura operacional e modelo de atuação

A estrutura e atuação do LMI (ABHA Gestão de Águas, 2024) é caracterizada, em linhas gerais, pela articulação de três grandes componentes: 1) estrutura física, composta por veículos, equipamentos e software de registro e gestão das informações; 2) equipe técnica e consultores, que realizam as avaliações e consolidam os resultados; e 3) parceiros, que auxiliam no acesso aos produtores, na implementação das melhorias nos sistemas irrigados e também na proposição e na implementação de políticas públicas setoriais.

Para além dos componentes principais do LMI como projeto, há também a estratégia de governança, exercida pelo CBH Paranaíba por meio de sua diretoria, com apoio da entidade delegatária das funções de agência de bacia, braço operacional do comitê responsável pelo controle técnico, administrativo e financeiro do LMI.

3.1 Estrutura do laboratório

O Laboratório Móvel de Irrigação foi estruturado como uma unidade técnica itinerante, concebida para atuar diretamente nas propriedades rurais, permitindo a realização de diagnósticos em condições reais de operação dos sistemas de irrigação. Essa configuração busca superar limitações associadas aos projetos ou às avaliações realizadas em ambientes controlados, aproximando-se da realidade operacional enfrentada pelos irrigantes.

Para viabilizar essa atuação, o LMI conta com uma estrutura física composta por veículos adaptados e equipamentos voltados à medição e à aferição de parâmetros hidráulicos e operacionais ao longo de todo o sistema de irrigação – como vazão e pressão de bombas, tubulações e emissores –, além dos parâmetros e da análise relacionados ao manejo, à operação e à manutenção desses equipamentos. Complementarmente, dispõe de uma unidade móvel destinada às atividades de capacitação, mobilização e difusão de conhecimento, utilizada em eventos técnicos, dias de campo e ações de sensibilização dos usuários.

Associada à estrutura física, voltada para a análise dos sistemas de irrigação, foi desenvolvida uma plataforma digital para suporte à coleta e ao armazenamento e processamento de dados e informações obtidos em campo, possibilitando a padronização dos procedimentos e a rastreabilidade das avaliações realizadas, bem como a análise integrada. Cada equipe de avaliação utiliza tablets conectados à internet para que a coleta de dados seja transferida para o servidor, sendo todas as informações armazenadas para posterior análise e emissão dos relatórios de avaliação, os quais são entregues aos produtores.

Essa integração entre estrutura operacional e base digital permite não apenas a avaliação individualizada dos sistemas, mas também a construção de uma plataforma consistente de informações sobre o desempenho da irrigação na bacia. Dessa forma, a estrutura do LMI foi concebida não apenas para atender às necessidades pontuais dos usuários, mas para gerar informações capazes de subsidiar o aprimoramento das estratégias de gestão e a formulação de políticas públicas setoriais.

3.2 Equipe técnica

A operação do LMI é realizada por equipes técnicas especializadas, sendo que cada equipe é composta por dois técnicos com formação compatível com as atividades de avaliação de sistemas de irrigação e de análise de desempenho operacional. Para garantir a consistência das avaliações, as equipes passaram por processo de capacitação voltada à padronização de metodologias, procedimentos e critérios de análise, sendo projetada uma equipe para cada bacia crítica.

A atuação da equipe envolve a execução das avaliações em campo, a elaboração de relatório técnico e a orientação direta ao irrigante, sendo complementada por consultores especializados, os quais são responsáveis pela consolidação metodológica e pela sistematização das informações geradas. É importante destacar que, além do domínio técnico, a atuação da equipe exige capacidade de comunicação e de interação com os usuários, em função do caráter orientativo e colaborativo do projeto. Essa dimensão é fundamental para viabilizar a transferência de conhecimento e estimular a adoção, após avaliação e diagnóstico dos problemas presentes nos sistemas de irrigação, das melhorias apontadas.

3.3 Área de atuação e perfil dos atendimentos

A atuação do LMI está concentrada na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, com foco inicial em áreas consideradas críticas sob a perspectiva da gestão hídrica, selecionadas em função da ocorrência de conflitos pelo uso da água (CBH Paranaíba, 2013). No escopo deste artigo, analisou-se a atuação do LMI em três estados distintos, a saber: Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais.

No estado de Goiás, as atividades são desenvolvidas na bacia do Rio Meia Ponte, responsável pelo abastecimento da região metropolitana de Goiânia, onde se observa a presença de diferentes perfis de irrigantes, com sistemas de menor a maior porte e predominância de aspersão convencional e pivôs centrais.

No Distrito Federal, a atuação concentra-se na bacia do alto do Rio Descoberto, que desempenha papel estratégico no abastecimento de Brasília, caracterizada por maior nível de tecnificação e predominância de sistemas localizados, como o de gotejamento.

Em Minas Gerais, os trabalhos são conduzidos na bacia do Rio Bagagem, marcada por histórico de conflitos pelo uso da água e pela presença de sistemas irrigados voltados à produção de café e grãos, com destaque para sistemas localizados e pivôs centrais.

Essa diversidade de contextos, realidades produtivas e condições de uso da água contribui para a identificação de padrões de desempenho e a compreensão das principais demandas de suporte técnico e limitações operacionais existentes na bacia, com reflexos diretos na definição de estratégias de atuação do projeto e no desenvolvimento de futuras políticas públicas.

3.4 Fluxo de atuação

A atuação do LMI segue um fluxo que integra etapas de mobilização, avaliação técnica e devolutiva aos usuários. São elas:

A fase inicial envolve a mobilização e a articulação de instituições parceiras — como serviços de assistência técnica, órgãos públicos, cooperativas e associações — responsáveis por viabilizar o acesso às propriedades e promover a adesão voluntária dos irrigantes. A experiência observada nas áreas

as de atuação evidencia que o desempenho dessa etapa está diretamente associado ao envolvimento das parcerias institucionais consolidadas no território.

A partir da mobilização, são agendadas e realizadas as visitas técnicas às propriedades, com a efetiva avaliação dos sistemas de irrigação em operação, envolvendo medições em campo, coleta de dados e análise das condições de funcionamento dos equipamentos. Com base nessas informações, são elaborados relatórios técnicos individuais, contendo o diagnóstico do sistema avaliado, a identificação de limitações de desempenho e as recomendações para melhoria.

A etapa final consiste na finalização do relatório técnico e na devolutiva ao produtor, momento em que os resultados são apresentados e discutidos, fornecendo orientação quanto às possibilidades de ajuste e aprimoramento. Esse processo de devolutiva reforça o caráter orientativo da iniciativa do LMI, promovendo a adoção de práticas mais eficientes a partir da compreensão técnica dos resultados obtidos.

3.5 Sistema de informação e gestão dos dados

As atividades do LMI são suportadas por uma plataforma digital integrada, em forma de aplicativo, com diferentes níveis de acesso e informação, que trabalha online ou offline, desenvolvida para o registro, a organização, a padronização e a análise das informações coletadas em campo, bem como para o acompanhamento técnico do projeto e a fiscalização de sua execução. Além disso, a plataforma digital integrada possibilita a gestão das informações que subsidiarão a formulação de políticas públicas e novos projetos.

Também permite a estruturação de dados e informações em relatórios técnicos padronizados, garantindo a rastreabilidade das avaliações e facilitando a comunicação dos resultados aos irrigantes. Para além de sua função operacional, a plataforma contribui para a consolidação de uma base de informações estruturada, passível de análise integrada e agregada.

Portanto, a utilização desse sistema amplia o alcance das avaliações realizadas ao possibilitar a transformação de dados individuais em insumos para a gestão e o planejamento, incluindo a identificação de padrões regionais e o suporte à formulação de estratégias voltadas à melhoria da eficiência da irrigação. Para tanto, mantém-se sempre a confidencialidade estabelecida no âmbito da atuação do LMI, assegurando que as informações coletadas sejam utilizadas somente para orientação e planejamento de políticas e projetos.

3.6 Encaminhamento das recomendações e articulação institucional

O Laboratório Móvel de Irrigação foi concebido para, a partir de avaliação qualificada, orientar os usuários quanto às melhorias necessárias ao desempenho de seus sistemas de irrigação, contribuindo para o uso mais eficiente da água, da energia e dos demais insumos produtivos. A implementação dessas melhorias, entretanto, não está diretamente inserida no escopo operacional inicial do projeto por depender de instrumentos específicos de financiamento, assistência técnica, desenvolvimento e operacionalização de outras políticas públicas.

Nesse aspecto, com base nos dados já levantados, o CBH Paranaíba tem atuado por meio da articulação institucional e da cons-

trução de parcerias, com o objetivo de viabilizar a implementação das recomendações geradas pelo LMI.

Como exemplo, no Distrito Federal, encontra-se em fase de estruturação o acordo de cooperação técnica, envolvendo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal (Emater-DF) – por meio do apoio à assistência técnica quanto ao manejo da irrigação – e a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), que avalia alternativas de investimento para melhoria tecnológica dos sistemas, com vistas à promoção da segurança hídrica para o abastecimento da capital federal.

Em paralelo, têm sido construídas articulações com o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), também por meio de acordo de cooperação técnica, com o objetivo de compartilhar de forma estruturada as informações geradas pelo LMI, visando a subsidiar o aprimoramento de políticas públicas e avaliar o potencial de replicação da iniciativa.

4 Metodologia de avaliação dos sistemas irrigados

As avaliações realizadas no âmbito do Laboratório Móvel de Irrigação (ABHA Gestão de Águas, 2024) contemplam diferentes tipos de sistemas e culturas irrigadas, refletindo a diversidade de tecnologias e de contextos produtivos observados na bacia do Rio Paranaíba.

Entre os sistemas mais frequentemente avaliados, destacam-se os sistemas de pivô central e de aspersão convencional, utilizados em áreas de produção em larga escala. Destacam-se também sistemas de irrigação localizada, como o de gotejamento, presentes em regiões caracterizadas por maior nível de tecnificação e em culturas específicas,

como hortaliças e fruticultura, no Distrito Federal, e cafeicultura, em Minas Gerais.

A avaliação de diferentes tecnologias e culturas irrigadas permite compreender as particularidades operacionais associadas a cada contexto produtivo, bem como identificar padrões diferenciados de eficiência e limitações de desempenho, contribuindo para uma análise mais abrangente do uso da água na bacia.

4.1 Parâmetros técnicos analisados

As avaliações em campo são fundamentadas na análise de parâmetros técnicos associados ao desempenho hidráulico, operacional e de manejo dos sistemas de irrigação.

Entre os principais parâmetros considerados, destacam-se a uniformidade de aplicação de água, a pressão de operação, a vazão dos emissores ou do sistema e indicadores relacionados à eficiência hidráulica e operacional – parâmetros amplamente reconhecidos como indicadores fundamentais do desempenho de sistemas irrigados (Bernardo; Soares; Mantovani, 2019). Esses parâmetros permitem avaliar o grau de aderência do sistema às condições de projeto e às práticas operacionais adotadas, bem como identificar desvios que impactam diretamente o desempenho da irrigação.

Para fins deste artigo, foi adotado um indicador denominado eficiência hidráulica ajustada (EHA), desenvolvido a partir da sistematização dos dados gerados nas avaliações do LMI. Esse indicador integra diferentes variáveis avaliadas no relatório e ligadas ao desempenho hidráulico – como uniformidade de aplicação, variações de vazão, condições de pressão e aspectos operacionais –, permitindo uma leitura sintética do funcionamento dos sistemas avaliados. As faixas de classificação foram definidas a partir dos

critérios técnicos estabelecidos nos protocolos de avaliação do LMI.

4.2 Procedimentos de campo

As avaliações são realizadas diretamente nas propriedades rurais, em condições reais de operação dos sistemas de irrigação, a partir da coleta de dados e da realização de medições conduzidas pela equipe técnica do LMI.

São utilizados instrumentos de aferição compatíveis com protocolos técnicos correntemente empregados na avaliação de sistemas irrigados, ajustados às especificidades de cada tecnologia e equipamento avaliados. Essa adaptação é necessária em função da variabilidade das condições operacionais, da configuração dos sistemas e do contexto produtivo.

Os dados obtidos são organizados e analisados com base em critérios técnicos padronizados, o que permite comparar as avaliações, identificar os padrões de desempenho e as não conformidades recorrentes. Tal sistematização de dados e informações geradas nas avaliações garante a consistência na elaboração dos diagnósticos e na fundamentação das recomendações técnicas apresentadas.

4.3 Base de dados do estudo

Para este artigo, foi analisado o conjunto de avaliações realizadas pelo LMI em sua fase inicial de operação, em 2025, ainda em processo de consolidação. Trata-se, portanto, de uma base de dados de caráter preliminar, construída a partir dos relatórios técnicos individuais elaborados para cada sistema avaliado.

Em função desse estágio de consolidação, a base ainda não possui um tratamento estatístico aprofundado. Ainda assim, os dados disponíveis possibilitam a identificação de tendências, padrões de desempenho e recorrência de não conformidades, consti-

tuindo um referencial consistente para uma análise exploratória – que é a proposta deste trabalho.

Essa delimitação metodológica é relevante para situar o alcance dos resultados apresentados, evitando interpretações que extrapolem as condições e a maturidade da base de dados analisada.

5 Resultados preliminares das avaliações

Os resultados apresentados nesta seção foram consolidados de forma agregada, preservando a confidencialidade das informações individuais dos sistemas avaliados, em consonância com os princípios de atuação do Laboratório Móvel de Irrigação, e representam uma primeira visão conjunta sobre os relatórios individuais (LMI, 2026).

5.1 Caracterização geral das avaliações

Do ponto de vista territorial, as avaliações foram conduzidas em áreas estratégicas, caracterizadas pela elevada demanda hídrica e pela relevância para o abastecimento urbano, abrangendo regiões nos estados de Goiás, Distrito Federal e Minas Gerais.

A diversidade de contextos analisados possibilitou a atuação do LMI em distintas realidades produtivas, contribuindo para uma leitura mais abrangente das condições operacionais dos sistemas irrigados.

A área diretamente avaliada correspondeu a 792,3 hectares irrigados, inseridos em empreendimentos com área total significativamente superior. Esse recorte decorre da metodologia adotada pelo LMI, que prioriza a avaliação de setores representativos dos sistemas, permitindo capturar os padrões de desempenho dos sistemas, sem a necessidade de cobrir integralmente todas as áreas irrigadas.

Foram realizadas 137 avaliações, distribuídas entre quatro tipos principais de sistemas de irrigação, com predominância de sistemas localizados, especialmente o de gotejamento, presente em maior parte da amostra (cf. Tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição dos sistemas de irrigação avaliados pelo LMI por unidade federativa e tipo de sistema

UF/Sistema	Gotejamento	Microaspersão	Aspersão	Pivô central	Total
DF	42	1	4	0	47
GO	8	3	5	14	30
MG	55	0	0	5	60
Total	105	4	9	19	137

Fonte: dados preliminares do LMI (2026).

As avaliações contemplaram empreendimentos de diferentes portes — de agricultura familiar a sistemas empresariais de maior escala — e envolveram uma diversidade de culturas, tendo sido identificados 31 cultivos distintos. Observa-se a predominância de sistemas voltados à cafeicultura irrigada, que representaram 43,8% das avaliações, seguidos por sistemas associados à produção hortifrutigranjeira, com 21,9%, e ao cultivo de morango, com 17,5%.

5.2 Desempenho hidráulico dos sistemas irrigados

De forma geral, os resultados indicam a predominância de sistemas que operam abaixo das condições consideradas ideais ou de

projeto, com potencial relevante de melhoria. A elevada variação dos resultados observados sugere que esse desempenho não é homogêneo, refletindo as diferenças nas condições de operação, de manutenção e de conservação dos sistemas avaliados.

A análise complementar, feita por meio do indicador de eficiência hidráulica ajustada, permitiu uma leitura mais geral do cenário. Os resultados indicam que 62,8% dos sistemas avaliados se encontram nas faixas classificadas como crítica ou de colapso hidráulico, que, agrupados, representam o somatório de indicadores com as piores condições, enquanto 37,2% dos sistemas apresentam desempenho moderado ou excelente (cf. Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição dos sistemas segundo o indicador de eficiência hidráulica ajustada por faixa, classificação, quantidade e percentual

Faixa	Classificação	Quantidade	Percentual
> 80	Excelente	15	10,9%
60 a < 80	Moderado	36	26,3%
40 a < 60	Crítico	39	28,5%
< 40	Colapso hidráulico	47	34,3%
Total		137	100%

Fonte: dados preliminares do LMI (2026).

Esse padrão sugere a presença de limitações recorrentes no funcionamento e no manejo dos sistemas, impactando diretamente a eficiência do uso da água e da energia, reforçando a importância da realização de avaliações técnicas sistemáticas como ferramenta para a identificação e a correção desses desvios.

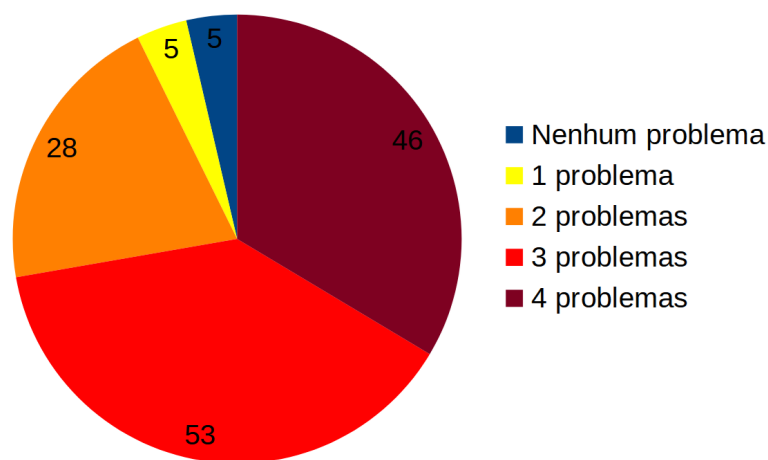
5.3 Principais não conformidades identificadas

A análise dos dados indica que as não conformidades observadas nos sistemas irrigados apresentam caráter predominantemente multicausal, envolvendo a interação entre fatores operacionais, hidráulicos e

de distribuição. Entre os problemas mais recorrentes, destacam-se: limitações operacionais – entupimentos, vazamentos e ausência de monitoramento sistemático; problemas hidráulicos – condições inadequadas de pressão e perdas ao longo do sistema; e falhas de distribuição – falta de uniformidade na aplicação e inadequações na configuração dos sistemas.

A análise específica dessas falhas operacionais demonstra que apenas 3,6% dos sistemas avaliados não apresentaram nenhuma das falhas consideradas, enquanto 72,26% apresentam três ou os quatro problemas, indicando elevada ocorrência de problemas simultâneos (cf. Figura 1).

Figura 1 – Detalhamento dos problemas operacionais encontrados



Fonte: dados preliminares do LMI (2026).

Esse resultado auxilia a demonstrar que as falhas dificilmente ocorrem de forma isolada, sendo comum a presença de múltiplos fatores causais, o que eleva a complexidade tanto do diagnóstico quanto das intervenções necessárias e reforça a importância da capacitação dos irrigantes.

A análise do coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) – indicador amplamen-

te utilizado na avaliação do desempenho de sistemas irrigados (Mantovani, 2001) – complementa essa leitura, indicando que, embora uma parcela dos sistemas apresente desempenho classificado como excelente, existe um contingente significativo de sistemas classificados como regular, ruim ou inadequado, evidenciando um amplo espaço para melhoria (cf. Tabela 3).

Tabela 3 – Análise do coeficiente de uniformidade estatístico por faixa, classificação, quantidade e percentual

Faixa	Classificação	Quantidade	Percentual
> 90	Excelente	51	37,2%
80 a < 89	Bom	47	34,3%
70 a < 79	Regular	27	19,7%
60 a < 69	Ruim	9	6,6%
< 60	Inadequado	4	2,9%
Total		137	100%

Fonte: dados preliminares do LMI (2026).

De forma geral, os resultados indicam que o desempenho dos sistemas não está associado exclusivamente à tecnologia adotada, mas, sobretudo, às condições de operação, de manutenção e de monitoramento ao longo do tempo, mais uma vez evidenciando a importância da capacitação e da assistência aos irrigantes.

5.4 Relação entre causas e desempenho dos sistemas

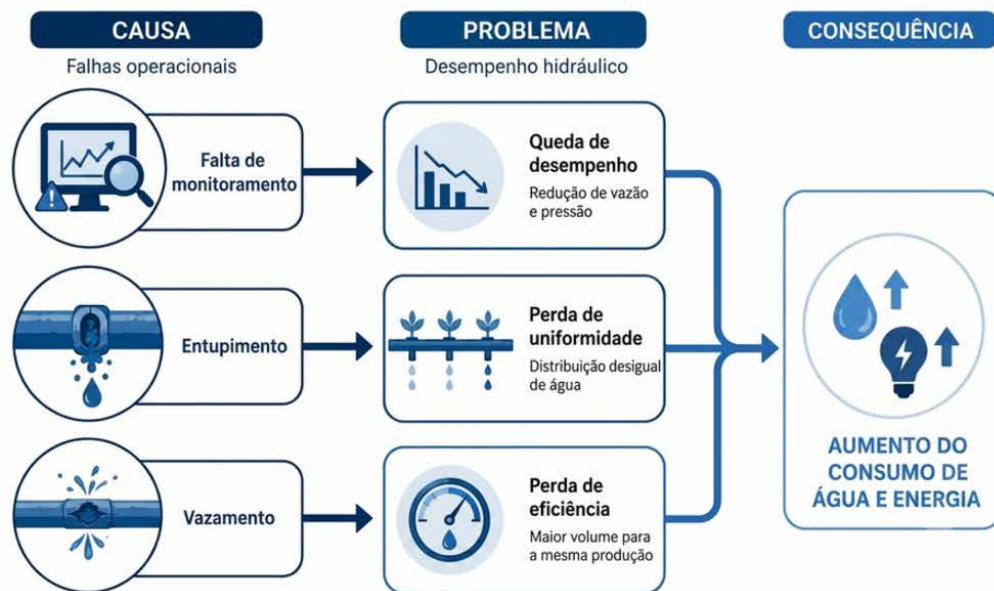
A análise integrada entre os indicadores de desempenho e as causas dominantes das não conformidades sugere que a redução da eficiência hidráulica e energética está fortemente

associada a fatores ligados à gestão operacional dos sistemas. A recorrência de problemas como entupimentos, vazamentos e falhas de monitoramento indica que parcela significativa das perdas de desempenho decorre dos processos de operação e de manutenção mais do que de falhas estruturais, tecnológicas ou decorrentes do projeto dos sistemas.

A ausência de equipamentos de monitoramento de pressão em 78,1% dos sistemas avaliados evidencia uma limitação relevante na capacidade de controle operacional, dificultando a identificação precoce de problemas e comprometendo a gestão do funcionamento dos sistemas (cf. Figura 2).



Figura 2 — Relação entre falhas operacionais e desempenho hidráulico



Fonte: dados preliminares do LMI (2026).

Observa-se, ainda, que sistemas com níveis tecnológicos semelhantes podem apresentar desempenhos distintos em função da presença ou ausência de práticas adequadas de manejo e de manutenção. Esse padrão reforça, mais uma vez, a importância de ações voltadas à capacitação técnica dos irrigantes e à adoção de rotinas de monitoramento e de manutenção como elementos centrais para a melhoria do desempenho dos sistemas.

5.5 Eficiência energética associada à operação dos sistemas

Numa análise das ineficiências hidráulicas observadas nos sistemas irrigados, observa-se que elas estão associadas a perdas no desempenho energético, uma vez que sistemas com menor eficiência hidráulica tendem a demandar maior consumo de energia para fornecer a mesma quantidade de água à planta em função de pressurização inadequada, perdas na rede e desvios das condições de projeto.

A ineficiência no uso da água possui implicações diretas sobre o consumo energético, ampliando os custos operacionais e os impactos associados à atividade agrícola. Essa relação reforça a necessidade de abordagens integradas na avaliação dos sistemas de irrigação, considerando simultaneamente eficiência hídrica e energética.

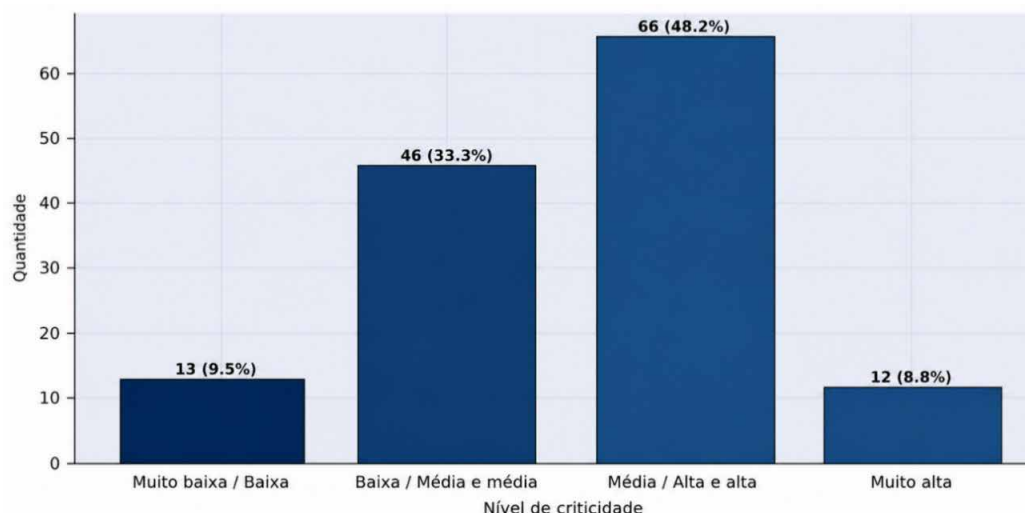
Frisa-se que os dados e as informações aqui apresentados estão sendo avaliados e reorganizados de modo a permitir, de forma clara, a mensuração dos ganhos de eficiência e quanto isso representa em redução no consumo de energia.

5.6 Criticidade dos sistemas e potencial de melhoria

A análise da criticidade representa o impacto que o somatório dos parâmetros avaliados tem sobre sistemas irrigados e a urgência de implementar as adequações. Os resultados

indicam que 56,9% das amostras se situam em níveis de criticidade média/alta, alta ou muito alta, evidenciando a necessidade de adoção de medidas corretivas (cf. Figura 3).

Figura 3 – Distribuição dos sistemas por nível de criticidade



Fonte: dados preliminares do LMI (2026).

Esse resultado aponta para um cenário de elevado potencial de melhoria, no qual intervenções relacionadas ao ajuste operacional, à manutenção e ao aprimoramento do manejo podem resultar em ganhos significativos de desempenho.

A predominância de problemas associados à operação e ao monitoramento sugere que parte relevante dessas melhorias pode ser alcançada sem a necessidade de investimentos financeiros ou estruturais complexos, reforçando o papel da assistência técnica e da orientação qualificada.

6 Discussão

Os resultados, mesmo que preliminares, permitem a construção de uma leitura sobre as condições de desempenho dos sistemas irrigados já avaliados, a partir da identificação de padrões recorrentes de não conformidades e de limitações operacionais.

Entretanto, é importante novamente destacar que os dados analisados correspondem a uma etapa inicial de avaliação e diagnóstico, não contemplando a implementação e o monitoramento das melhorias recomendadas nem a mensuração direta de seus efeitos sobre o consumo de água e energia. Nesse sentido, os resultados evidenciam a existência de perdas evitáveis e a possibilidade de ganhos significativos associados à adoção de práticas adequadas de operação, de manejo e de manutenção dos sistemas irrigados.

6.1 Interpretação dos resultados

Os resultados obtidos a partir das avaliações conduzidas pelo LMI indicam que os problemas observados nos sistemas irrigados não se apresentam de forma pontual ou isolada, mas constituem um conjunto de ocorrências recorrentes, com caráter predominantemente multicausal. Uma análise integrada

de tais problemas demonstra que falhas de natureza hidráulica, de distribuição e operacionais tendem a ocorrer de forma simultânea, potencializando seus efeitos sobre o desempenho dos sistemas de irrigação.

Destaca-se que a maior parte das não conformidades identificadas está associada a fatores relacionados à sua operação e à sua manutenção, tais como entupimento de emissores, vazamentos e ausência de monitoramento contínuo, situação frequentemente relatada na literatura como uma das principais causas de perda de eficiência em sistemas irrigados (Bernardo; Soares; Mantovani, 2019). Esse padrão sugere que a redução da eficiência observada não decorre, predominantemente, de limitações tecnológicas ou de projeto, mas de deficiências associadas à gestão operacional dos sistemas ao longo do tempo.

Adicionalmente, a variabilidade de desempenho identificada entre sistemas com níveis tecnológicos semelhantes reforça essa interpretação, evidenciando que a eficiência da irrigação está fortemente condicionada à qualidade do manejo adotado. Esse resultado aponta para a necessidade de priorização de ações voltadas à capacitação técnica, ao acompanhamento operacional e ao fortalecimento de práticas de manejo como complemento às estratégias de modernização tecnológica.

6.2 Implicações para a eficiência hídrica

As evidências levantadas indicam que parcela significativa das perdas de eficiência observadas nos sistemas irrigados está associada a fatores potencialmente corrigíveis por meio de ajustes operacionais, de manutenção adequada e de monitoramento sistemático. Sob a perspectiva da gestão hídrica,

esse resultado possui implicações relevantes, uma vez que o aumento da eficiência da irrigação e do uso da água pode contribuir diretamente para a ampliação da disponibilidade e segurança hídrica na bacia.

Nesse sentido, ganhos de eficiência podem produzir efeitos equivalentes à ampliação da disponibilidade hídrica, porém com custos e impactos significativamente inferiores, ao atuar sobre a redução das perdas nos sistemas existentes, especialmente em bacias hidrográficas sujeitas a conflitos pelo uso da água e com elevada participação da irrigação nas demandas consuntivas (ANA, 2021). A relação observada entre eficiência hidráulica e eficiência energética também reforça a necessidade de abordagens integradas, considerando que sistemas ineficientes demandam maior consumo de energia para operar, o que amplia os custos e os impactos associados à atividade agrícola.

6.3 O LMI como instrumento de gestão da demanda hídrica

A atuação do LMI evidencia o potencial de os comitês de bacia hidrográfica exercerem papel ativo na gestão da demanda hídrica, especialmente por meio da aproximação com os usuários e da promoção de soluções técnicas aplicadas à realidade produtiva, reforçando o papel dos colegiados como espaços de articulação entre gestão, usuários e sociedade (Porto; Porto, 2008). Ao levar avaliações técnicas diretamente ao campo e fornecer orientação qualificada aos irrigantes, o LMI contribui para reduzir a assimetria de informação entre o sistema de gestão e a operação dos sistemas de irrigação, favorecendo o alinhamento entre o uso da água e seus objetivos de conservação e racionalização.

Essa abordagem fortalece a relação entre gestão hídrica e usuários, consolidando uma lógica de atuação baseada na cooperação e no apoio técnico, em contraste com modelos centrados exclusivamente em instrumentos regulatórios e de comando e controle. Nesse contexto, ao transformar informações técnicas em subsídios para a tomada de decisão pelos usuários, o LMI deve ser compreendido como instrumento de apoio à gestão, contribuindo para a melhoria do desempenho dos sistemas irrigados e para a redução da pressão sobre os recursos hídricos em áreas críticas.

Assim, a articulação com instituições parceiras amplia esse alcance, permitindo que os resultados das avaliações sejam incorporados a processos de capacitação, de assistência técnica e de desenvolvimento do setor.

6.4 Inovação do modelo e potencial de replicação

O Laboratório Móvel de Irrigação do CBH Paranaíba representa uma abordagem diferenciada ao integrar, de forma estruturada, dimensão técnica, institucional e de políticas públicas em escala de bacia hidrográfica.

Do ponto de vista institucional, destaca-se a utilização dos recursos da cobrança pelo uso da água como mecanismo de financiamento de ações voltadas diretamente à melhoria do desempenho dos usuários – especialmente do setor de irrigação –, o que representa uma inflexão em relação a abordagens tradicionalmente centradas em intervenções estruturais e de comando e controle.

Essa estratégia auxilia a direcionar recursos para a qualificação dos processos operacionais e do manejo, promovendo ganhos de eficiência com impacto direto sobre a disponibilidade hídrica, o consumo energético e a produtividade agrícola. Observa-se, nesse

contexto, a relevância do fortalecimento de parcerias institucionais para ampliar a escala e o alcance da iniciativa, contribuindo para a construção de uma base de conhecimento aplicada, capaz de subsidiar decisões tanto no nível da propriedade quanto no planejamento em escala de bacia.

No campo da governança, o modelo estabelece uma interface entre comitês de bacia, usuários e instituições de apoio técnico, promovendo a integração entre a gestão de recursos hídricos, a engenharia e a extensão. Como desdobramento, observam-se ações de articulação com instituições de alcance nacional, como o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – por meio da Embrapa Cerrados –, o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar) e a Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid), com o objetivo de avaliar a replicabilidade do modelo e integrar diagnóstico técnico a processos estruturados de capacitação, bem como com o objetivo de fomentar o desenvolvimento de políticas públicas setoriais.

Também devem ser somadas a essa estratégia a articulação e a integração do LMI com instituições de ensino e pesquisa para a incorporação desses resultados no processo de formação dos estudantes e também nos programas e nas linhas de pesquisa. Destaca-se, até o momento, a aproximação da iniciativa com a Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG).

Esses movimentos indicam que a iniciativa possui potencial de extrapolação do contexto local da bacia do Rio Paranaíba, contribuindo para o aprimoramento de políticas públicas voltadas à irrigação e à gestão de recursos hídricos, com base em evidências de campo em um contexto muito mais amplo.

6.5 Limitações da análise

As conclusões apresentadas devem ser interpretadas à luz das limitações inerentes à base de dados utilizada, ainda restrita às avaliações realizadas durante 2025, que possui caráter aplicado, não probabilístico e em processo de consolidação, não dispondo, até o momento, de séries históricas contínuas e com amplitude que permitam análises temporais e estruturais mais aprofundadas. Essas características restringem a possibilidade de generalização dos resultados para o universo total de sistemas irrigados.

Ainda assim, a recorrência de padrões técnicos observados em diferentes contextos, bacias e sistemas produtivos, associada à consistência das não conformidades identificadas, sugere a presença de limitações estruturais e operacionais nos sistemas avaliados, conferindo solidez às evidências produzidas.

Nesse sentido, os resultados devem ser compreendidos prioritariamente em sua dimensão aplicada, contribuindo para a identificação qualificada de oportunidades de melhoria, para o aprimoramento de estratégias de gestão da demanda hídrica e para a integração de políticas públicas setoriais.

7 Conclusões

Os resultados apresentados neste estudo permitem consolidar a compreensão do Laboratório Móvel de Irrigação do CBH Paranaíba como instrumento técnico voltado à avaliação e à qualificação de sistemas irrigados, ao mesmo tempo que se configura como ferramenta de apoio à gestão de recursos hídricos em escala de bacia e como auxílio à formulação de políticas públicas setoriais.

Ao possibilitar a identificação de padrões de desempenho e de não conformidades recorrentes em condições reais de operação, o

LMI contribui para a qualificação do uso da água na irrigação e para a construção de soluções alinhadas às condições técnicas, operacionais e produtivas dos irrigantes.

A análise realizada indica que os sistemas avaliados apresentam, de forma geral, níveis de eficiência abaixo das condições consideradas ideais, com recorrência significativa de problemas associados à manutenção, ao monitoramento e ao manejo dos sistemas. Observa-se, por outro lado, a existência de amplo potencial de melhoria, muitas vezes passível de ser explorado por meio de ajustes operacionais, de manutenção adequada e de capacitação técnica, sem a necessidade imediata de intervenções estruturais de maior complexidade.

Nesse contexto, o LMI evidencia seu papel estratégico de aproximação entre a gestão de recursos hídricos e os usuários ao atuar na redução de assimetrias de informação e na promoção de práticas mais eficientes de uso da água. A utilização de instrumentos como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos para o financiamento de ações voltadas diretamente à melhoria do desempenho dos sistemas reforça essa abordagem, ampliando o alcance e a efetividade das políticas de gestão.

A experiência analisada também indica o potencial de replicação do modelo em outras bacias hidrográficas, especialmente em contextos caracterizados pela elevada pressão sobre os recursos hídricos e pela necessidade de aprimoramento da eficiência do uso da água. As articulações institucionais já estabelecidas com órgãos federais e entidades de capacitação reforçam a viabilidade de expansão e adaptação do modelo a diferentes realidades da agricultura irrigada no país.

Dessa forma, a integração entre avaliação técnica em campo, suporte aos irrigantes e

articulação institucional se configura como abordagem consistente para o fortalecimento da gestão da demanda hídrica na agricultura irrigada. Ao aproximar engenharia, assistência técnica e governança das águas, o modelo proposto pelo CBH Paraíba contribui para a construção de soluções orientadas à segurança hídrica, ao uso eficiente da água e à sustentabilidade dos sistemas produtivos, em uma lógica baseada na cooperação, na qualificação técnica e na indução de práticas mais eficientes, em consonância com os princípios da gestão integrada e participativa dos recursos hídricos preconizados pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Setti *et al.*, 2001).

8 Recomendações técnicas e institucionais

Com base nos resultados obtidos e nas análises desenvolvidas, mesmo de forma preliminar, é possível extrair recomendações estruturadas em diferentes níveis de atuação, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento e o aprimoramento da irrigação e para o fortalecimento da gestão sustentável dos recursos hídricos. Assim, orienta-se que tais recomendações devem ser revisitadas e aprimoradas à medida que mais resultados estejam disponíveis.

8.1 Recomendações para irrigantes e operadores de sistemas

Os resultados indicam que parcela relevante das limitações de desempenho dos sistemas está associada a aspectos operacionais e de manutenção, com possibilidade de ganhos expressivos de eficiência a partir da adoção de práticas relativamente acessíveis.

Nesse sentido, destacam-se como pontos de atenção:

- Rotinas sistemáticas de manutenção preventiva;
- Monitoramento periódico das condições de operação; e
- Orientação técnica qualificada, buscando promover a melhoria contínua do uso e do desempenho dos sistemas.

A incorporação dessas práticas tende a contribuir para a redução de perdas de água e energia, o que se reflete diretamente na eficiência produtiva e nos custos operacionais.

8.2 Recomendações sobre assistência técnica e capacitação

Considerando a relevância dos fatores operacionais na determinação do desempenho dos sistemas irrigados, os resultados reforçam a importância do fortalecimento das ações de assistência técnica e de extensão rural voltadas à irrigação.

Nesse sentido, destacam-se como pontos de atenção:

- Programas de capacitação continuada para irrigantes, com foco em operação, manutenção e monitoramento de sistemas;
- Integração entre diagnósticos técnicos, como o LMI, e programas estruturados de formação e de ensino e pesquisa; e
- Articulação entre instituições de assistência técnica, cooperativas e entidades de ensino e pesquisa em apoio ao setor, de modo a ampliar o alcance das ações.

A integração entre diagnóstico, capacitação e pesquisa mostra-se fundamental para transformar as recomendações técnicas em mudanças efetivas nas práticas adotadas em campo.

8.3 Recomendações para gestão de recursos hídricos

Os resultados do estudo indicam a existência de espaço relevante para atuação dos comitês de bacia hidrográfica e órgãos gestores na promoção da eficiência do uso da água na irrigação, especialmente por meio de instrumentos baseados em apoio técnico, e na indução de boas práticas.

Nesse sentido, destacam-se como pontos de atenção:

- Ampliação de iniciativas de apoio à gestão da demanda hídrica e ao uso racional da água;
- Incorporação de critérios de eficiência dos usos, especialmente em bacias críticas, por meio da outorga e da cobrança;
- Utilização de recursos da cobrança para a pesquisa e o financiamento de ações voltadas à melhoria do desempenho dos usuários; e
- Priorização da atuação em áreas críticas e com maior potencial de conflito.

Essas abordagens contribuem para o fortalecimento da gestão hídrica integrada e participativa, ampliando a efetividade das ações voltadas ao uso racional da água.

8.4 Recomendações para políticas públicas e programas para agricultura irrigada

A experiência analisada evidencia o potencial de integração entre diagnóstico técnico, desenvolvimento produtivo e gestão de recursos hídricos, indicando a necessidade de articulação dessas dimensões na formulação de políticas públicas voltadas à irrigação.

Nesse sentido, destacam-se como pontos de atenção:

- Fomento, apoio e financiamento do desenvolvimento de iniciativas como o

LMI, voltadas à melhoria do desempenho dos usuários;

- Incorporação de avaliações técnicas em campo como componente estruturante de programas de apoio à irrigação;
- Utilização de dados provenientes de iniciativas como o LMI para subsidiar o planejamento e a priorização de investimentos públicos;
- Estímulo à articulação entre diferentes níveis de governo e instituições, com vistas à construção de políticas integradas em apoio ao desenvolvimento da irrigação, contemplando a eficiência do uso de recursos – especialmente água e energia;
- Desenvolvimento de programas que associem diagnóstico, capacitação e apoio à implementação de melhorias nos sistemas de irrigação, especialmente na sua operação e sua manutenção; e
- Desenvolvimento de programas de aprimoramento e melhorias tecnológicas dos equipamentos, especialmente para áreas e bacias críticas.

A consolidação dessa abordagem tende a contribuir para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes, alinhadas às condições reais de uso da água e às necessidades do setor produtivo.

8.5 Recomendações para replicação do modelo do LMI

A experiência acumulada indica que o modelo do LMI apresenta amplo potencial de replicação em diferentes contextos, especialmente em bacias caracterizadas por elevada pressão sobre o uso dos recursos hídricos.

Para sua adaptação a outras realidades, destacam-se como pontos de atenção:

- Adequação às especificidades locais e regionais, como características produtivas, disponibilidade hídrica, financiamento e arranjos institucionais;
- Garantia da integração entre avaliação técnica, assistência técnica e gestão de recursos hídricos;
- Estruturação de mecanismos de financiamento públicos e privados, incluindo a possibilidade do uso de recursos da cobrança como alavanca para os projetos; e

- Articulação e parceria com instituições locais, regionais e nacionais, de modo a ampliar a escala e o alcance das iniciativas.

A replicação do modelo do LMI pode contribuir para a disseminação de práticas mais eficientes na irrigação e para o fortalecimento da segurança hídrica, uma vez que promove o uso racional da água com base em evidências técnicas geradas em campo.

Referências

ABHA GESTÃO DE ÁGUAS – Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. **Ato Convocatório ABHA/PN n.º 018/2024**. Contratação de Pessoa Jurídica para execução de serviços de engenharia na operacionalização de Laboratórios Móveis de Irrigação, no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. Araguari: ABHA Gestão de Águas, 2024. Disponível em: <https://tinyurl.com/2my83kvk>. Acesso em: 20 maio 2026.

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

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2025: relatório pleno**. Brasília: ANA, 2025. Disponível em: <https://tinyurl.com/7mfhtw2h>. Acesso em: 20 maio 2026.

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

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Casa Civil, 1997. Disponível em: <https://tinyurl.com/bdhaaps8>. Acesso em: 23 jun. 2026.

CBH PARANAÍBA – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba. **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <https://tinyurl.com/ycxsac>. Acesso em: 20 maio 2026.

LMI – Laboratório Móvel de Irrigação. **Banco de dados das avaliações técnicas realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. Araguari: ABHA Gestão de Águas, 2026. Base de dados interna.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: programa de avaliação da irrigação por aspersão e localizada**. Viçosa: Editora UFV, 2001.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <https://tinyurl.com/4bj72xtd>. Acesso em: 23 jun. 2026.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANEEL/ANA/OMM, 2001.

Dia Nacional da Agricultura Irrigada: o papel da Abid no fortalecimento do setor

A Lei Federal nº 14.830/2024 – que institui o Dia Nacional da Agricultura Irrigada, 15 de junho – representou uma nova conquista legislativa para o setor. Em 15 de junho de 2026, celebrou-se mais uma edição do Dia Nacional da Agricultura Irrigada, uma data importante para mobilizar o uso racional da água na agricultura irrigada para toda a sociedade brasileira. Neste ano, a data foi contemplada com uma semana de atividades comemorativas na capital do país, contando com uma programação de solenidades e interlocuções institucionais, da qual a Abid participou intensamente.

Em Brasília, o dia foi marcado por uma sessão especial no Senado Federal, presidida pelo senador Eduardo Girão, reunindo autoridades, pesquisadores e representantes institucionais em torno de uma pauta central: a irrigação como instrumento estratégico para a segurança alimentar, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade ambiental do país.

A sessão contou com a participação do secretário nacional de Segurança Hídrica do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), Giuseppe Serra Seca Vieira, do presidente da Comissão Nacional de Irrigação, David Schmidt, da diretora da Área de Irrigação e Operações da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), Alessandra Cristina Rossin, do secretário nacional de Fundos e Instrumentos Finan-



ceiros do MIDR, Eduardo Corrêa Tavares, do chefe-geral do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Cerrados), Jorge Enoch Furquim Werneck Lima, e do presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid), Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima. A presença de personalidades de tão distintas esferas – Poder Legislativo, Poder Executivo federal, pesquisa agropecuária e gestão de infraestrutura hídrica – evidenciou a transversalidade e a relevância estratégica da agricultura irrigada para o Brasil.

Foi nesse cenário que a ABID teve a honra de compartilhar reflexões sobre o setor, destacando a importância da irrigação como tecnologia para uma produção mais sustentável de alimentos e reforçando o papel da associação no apoio à pesquisa em manejo e uso mais racional da água, na troca de experiência com outros países que se destacam em irrigação e na promoção de treinamentos e

cursos técnicos visando a capacitar e dar suporte aos profissionais do setor. Assim, tais oportunidades de interlocução com outros atores do setor consolidam o apoio da associação a agendas estratégicas e institucionais para fortalecer cada vez mais a gestão e a governança da agricultura irrigada no Brasil, visando à promoção da tecnologia, da sustentabilidade, da produtividade do campo e, consequentemente, da segurança alimentar e da transformação social e econômica.

A Abid também esteve presente no evento comemorativo da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com o objetivo de promover um espaço de diálogo e integração entre representantes do setor público, especialistas, usuários e demais atores envolvidos no setor da agricultura irrigada, visando a fomentar debates estratégicos sobre segurança hídrica, uso eficiente da água e desenvolvimento sustentável.

A Abid participou também do 4º Workshop Setor Agropecuário na Gestão da Água, promovido pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), onde se reuniram entidades, especialistas e produtores rurais para discutir soluções baseadas na natureza aplicadas à gestão hídrica no campo, bem como para fomentar estratégias para fortalecer a segurança alimentar e a resiliência do agro brasileiro diante dos desafios climáticos. Na oportunidade, nosso presidente, Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima, participou da solenidade de assinatura do protocolo de intenções acerca do acordo de cooperação da associação com o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Em outra atividade ocorrida na semana comemorativa, a Abid também assinou um acordo de cooperação técnica com a Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (Aesbe).

A parceria formalizada com o MIDR por meio do protocolo de intenções tem por objeto a conjugação de esforços institucionais de interesse recíproco, em colaboração mú-

tua entre os partícipes, destinados ao fortalecimento da agricultura irrigada no Brasil, no âmbito da Política Nacional de Irrigação, instituída pela Lei nº 12.787, de 11 de janeiro de 2013. Por sua vez, a parceria com a Aesbe nasceu com o objetivo de fortalecer a integração entre os setores de saneamento e irrigação, promovendo o desenvolvimento de pesquisas, a inovação tecnológica, a troca de conhecimento e o avanço de boas práticas de gestão de água, em benefício da segurança hídrica do país. Esses acordos representam um salto qualitativo na capacidade institucional da Abid de articular atores públicos e privados em torno de uma política de irrigação mais robusta e sustentável.

A Abid também marcou presença em webinar promovido pelo MIDR, cujo tema foi o Sistema Brasileiro de Manejo de Irrigação (SBMI). Nesse webinar – que foi transmitido pelo YouTube –, o conselheiro Everardo Chartuni Mantovani e o diretor institucional Gregório Guirado Faccioli apresentaram a plataforma SBMI (Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação) e o aplicativo SBMI-PMP (Sistema Brasileiro de Manejo da Irrigação para Pequenas e Médias Propriedades). Ambos os sistemas foram desenvolvidos para auxiliar a realização do manejo eficiente da irrigação, uma vez que se baseia em dados climáticos e do solo para calcular a necessidade hídrica das culturas, informando ao usuário o momento e a quantidade ideal para irrigar, o que contribui para o uso racional da água e promove uma agricultura irrigada sustentável.

Outra participação da associação na Semana Nacional de Agricultura Irrigada foi no webinar intitulado “Implementação do Laboratório Móvel de Irrigação”, em que José Alves Júnior, diretor institucional da Abid e consultor técnico do Laboratório Móvel de Irrigação (LMI), detalhou a implementação, a metodologia e os resultados preliminares desse projeto do Comitê da Bacia Hidrográ-

fica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba). A apresentação abordou a estrutura e a metodologia do LMI – que conta com equipes em três regiões críticas do país, atuando por meio de uma abordagem de caráter técnico e não fiscalizatório, tendo, até o momento, 300 propriedades e quase 5.000 hectares de área irrigada avaliados.

Além disso, a apresentação caracterizou o perfil das regiões atendidas pelo LMI e os diagnósticos feitos, apresentando, como resultados, que 80% dos sistemas de irrigação analisados apresentam eficiência satisfatória, sendo os 20% restantes necessitados de intervenções urgentes, como redimensionamento ou melhoria na manutenção. Nesse contexto, a eficiência energética apresenta o cenário mais crítico, em que 48% das motobombas operam com eficiência inferior a 45%, muitas vezes devido a projetos mal dimensionados. Também foram identificados vazamentos frequentes, filtros sujos ou ausentes, bocais obstruídos, além de falta de manômetros e manejo empírico (aplicação de água em excesso por desconhecimento técnico).

Para sanar tais problemas identificados, o palestrante informou que melhorar a infraestrutura do sistema de irrigação é a intervenção mais eficiente: através de manutenções simples ou ajustes técnicos, é possível garantir a produtividade com menor consumo de água e energia, uma vez que a melhoria da eficiência permitiria a expansão da agricultura irrigada ou de outros usos da bacia sem a necessidade de captar mais água dos rios. Com isso, José Alves Júnior concluiu sua apresentação destacando que o objetivo do projeto é transformar o diagnóstico técnico realizado nos atendimentos do LMI em políticas públicas que promovam o uso racional da água e a sustentabilidade no campo.

Encerrando a Semana Nacional da Agricultura Irrigada, foi realizado, na Embrapa Cerrados, um dia de campo para demonstração prática do Laboratório Móvel de Irrigação (LMI), promovido pelo CBH Paranaíba em parceria com MIDR. O evento contou com a presença de cerca de 30 participantes, entre técnicos e representantes dos Ministérios da Agricultura e Pecuária (Mapa) e do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA), da Codevasf, da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), da CNA, da Embrapa Hortaliças, além de diversas associações – entre elas, a Abid – e instituições de ensino.

Nessa oportunidade, José Alves Junior apresentou conceitos e detalhes sobre o funcionamento do Laboratório Móvel de Irrigação, desde os critérios para a identificação das propriedades dos irrigantes a serem avaliadas até o detalhamento dos aspectos requeridos para a avaliação, os fatores avaliados, os tipos de informações coletadas e os modelos de relatórios de saída (que oferecem ao irrigante subsídios para a melhoria do desempenho do seu equipamento de irrigação e, principalmente, a melhoria da eficiência do uso da água e da energia). Os participantes tiveram a oportunidade de ir a campo para visualizar a operação do LMI na avaliação de um pivô central na área experimental da Embrapa Cerrados, sendo possível vivenciar as operações e os desafios encontrados em condições reais da atuação do laboratório móvel. As discussões e os questionamentos em torno do que foi apresentado apontaram para o reconhecimento do potencial que a iniciativa oferece para além do serviço oferecido ao irrigante, configurando-se como uma ferramenta efetiva de extensão, aplicação e disseminação de conhecimentos. No sentido inverso, o projeto também possibilita a geração de dados para pesquisas, a estruturação de informações e

o subsídio de políticas públicas em benefício da agricultura irrigada e da sociedade como um todo.

Assim, a Abid atua como articuladora, produtora de conhecimento e fomentadora de políticas públicas para o setor irrigado brasileiro. Sua atuação se dá em múltiplas frentes, que se complementam e se reforçam mutuamente, tendo protagonizado a construção de parcerias com o MIDR, a ANA, a Codevasf, a CNA e outras entidades estratégicas, contribuindo para a formulação e o aprimoramento de instrumentos normativos e de fomento à irrigação.

A associação promove congressos nacionais – como o Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird), que terá em 2026 sua 35ª edição em Fortaleza –, eventos, cursos e publicações que mantêm a comunidade técnica atualizada com as mais recentes inovações em irrigação, drenagem e uso eficiente da água. O XXXV Conird, em especial, representa uma oportunidade única de projetar o Ceará como referência nacional e internacional em irrigação.

Colaboraram neste artigo: Priscila Silvério Sleutjes, Aline de Souza Trindade, Maria Emília Borges Alves, Gregório Guirado Faccioli, Everardo Chartuni Mantovani, José Alves Júnior e Sílvia Carlos Ribeiro Vieira Lima.



Foto: Wenderson Araújo/Trilux/Banco CNA/Senar.

Panorama da missão técnica da Abid na Andaluzia, Espanha, em 2025



Equipe brasileira da missão na Espanha, em 2025, com técnicos espanhóis. | Fonte: acervo pessoal de Silvío Carlos Ribeiro Vieira Lima.

A missão técnica na Espanha, realizada em 2025 e organizada pela Federação da Agricultura e Pecuária do Ceará (Faec), pela Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) e pelo Instituto Inovagri, teve a participação de 35 pessoas de vários estados do Brasil. Da chegada em Madrid (29/09) até o retorno para o Brasil (10/10), foram percorridos mais de 2.000 km na Comunidade Autônoma da Andaluzia, que se destaca como um dos maiores expoentes da agricultura irrigada no mundo. Localizada no sul do país, essa comunidade autônoma abriga sistemas de irrigação dos mais

avançados da Europa, sendo responsável por uma produção agrícola que abastece tanto o mercado interno espanhol quanto diversas nações ao redor do globo. Seu território é caracterizado por solos férteis, clima mediterrâneo e uma longa tradição agrícola, elementos que fazem da Andaluzia um verdadeiro laboratório de inovação em manejo hídrico e sustentabilidade.

Essa região é conhecida não apenas pela produção de frutas e hortaliças de alta qualidade, mas também por seu papel de destaque na olivicultura. A região é a maior produtora mundial de azeite de oliva, produto

que representa uma parcela significativa da economia local e se tornou um símbolo da identidade espanhola no exterior. Além disso, cultivos como amêndoas, girassol, frutas cítricas, uvas e hortaliças de alto valor agregado são amplamente favorecidos pelas técnicas avançadas de irrigação aplicadas na região.

Fruit Attraction em Madrid

Os dois primeiros dias (30 de setembro e 1º de outubro) foram utilizados para participação na Fruit Attraction, uma das maiores feiras de frutas e hortaliças do mundo, realizada em Madrid. A feira recebe 110 mil visitantes, tem 70 mil m² de espaço de visitação e 2.200 expositores e conta com a participação de 145 países. O Brasil, assim como os principais países produtores de frutas, possuía um espaço no pavilhão das Américas, organizado pela Associação Brasileira dos Produtores de Frutas (Abrafrutas). A Espanha possuía um pavilhão dividido por regiões. A Andaluzia, foco de nossa missão, estava presente e, assim, foi possível ter uma ideia do que iríamos visitar nos dias seguintes à feira. Também durante a feira ocorreram a cerimônia de lançamento da Fruit Attraction São Paulo 2026 e a cerimônia de assinatura de um convênio entre a empresa EMCO CAL com o governo do Ceará para transferência de tecnologia na produção de *berries*. A feira possuía um pavilhão inteiro dedicado à tecnologia, com estandes apresentando novas tecnologias associadas a monitoramento climático, monitoramento do teor de umidade no solo e automação no processo de classificação de frutas e embalagens.

Atividades em Córdoba

Em 3 de outubro, após um dia de viagem a Córdoba, foram iniciadas as atividades da missão técnica, com uma reunião na Zona

Regable del Genil-Cabra, na comunidade de irrigantes em Santaella. Durante esse momento, a comitiva contou com a companhia da engenheira agrônoma Sensi Carmona, a qual realizou uma apresentação. Em seguida, o grupo fez uma visita ao Embalse de Cordobilla, reservatório hídrico que abastece os canais de irrigação. Em seguida, foi realizada uma visita ao Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), onde foram proferidas uma palestra pela diretora do instituto, María Leire Molinero-Ruiz, e outra pelo chefe do Departamento de Agro-nomia, Luca Testi. Posteriormente, houve uma fala do engenheiro agrícola David Lozano, o qual comentou sobre a agricultura irrigada na Andaluzia.

Atividades na Almería

Em 6 de outubro, após a comissão se deslocar para a província de Almería, na parte da manhã, foi realizada visita a El Ejido, mais especificamente à Estación Experimental Cajamar, um centro tecnológico de referência em agricultura intensiva, para conhecer os modelos de produção em ambiente protegido naquela região. A visita do grupo foi guiada pela responsável por nossa recepção, a engenheira agrícola María Dolores Fernández. Foram visitados ambientes protegidos cultivados com diferentes culturas e técnicas de manejo de água; nessa visita, observou-se que o controle de pragas era realizado de forma natural, utilizando-se de espécies vegetais para o controle. Também foi visitado o centro de automação da irrigação que atende toda a estação experimental. À tarde, foi realizada uma visita a produtores da região de El Ejido.

No dia seguinte, foi realizada uma visita à unidade de La Mojonera do Instituto de Formación y Investigación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), centro de ensino e pesquisa em ino-

vação em produção agrícola, pesqueira, de alimentos e ecológica. Essa visita foi guiada pelo chefe do Departamento de Irrigação do instituto, Rafael Baeza. Também foi visitada a central de automação da irrigação para os ambientes protegidos do instituto. À tarde, foi realizada visita a um cultivo protegido familiar da região (família Baeza). Em seguida, foi feita uma visita à unidade de La Cañada de San Urbano do IFAPA. Nessa visita, foi possível conhecer experimentos que utilizam água residuária da suinocultura para fertirrigação e o laboratório de equipamentos de irrigação localizada, onde testes de uniformidade de aplicação de água são realizados com vários emissores e gotejadores de diversos fabricantes. Ao final, foi realizada uma visita ao centro de comercialização de Almería, com atividades organizadas pelo professor Diego Valera, da Universidad de Almería.

Atividades na província de Sevilha

Em 8 de outubro, iniciamos o deslocamento para Lebrija, na província de Sevilha, e chegamos à Zona Regable BXII, um importante perímetro de irrigação do Bajo Guadalquivir,

uma comarca da província. Foi realizado um tour pela região com David Lozano para se ter uma noção das tecnologias empregadas nesse perímetro irrigado. À tarde, a comitiva assistiu a duas palestras na Universidad de Sevilla, organizadas pelo professor Juan Mariano Camarillo Naranjo, acerca de sensoriamento remoto e de aplicações de inteligência artificial no manejo de cultivos.

Em 9 de outubro, foi realizada uma visita técnica a Huelva, cidade em que se localiza a empresa EMCO CAL, que atua no mercado global de *berries*. Em seguida, foi feita uma visita à cooperativa Moguer Cuna de Plate-ro, em Moguer, e uma visita às plantações locais de mirtilo e morango.

Retorno ao Brasil

No final da tarde de 9 de outubro, regres-samos para Sevilha. À noite, foi realizado deslocamento terrestre para Madrid. No dia seguinte, a comitiva da missão retornou ao Brasil.

Colaboraram neste artigo: Daniel Fonseca de Carvalho e Gregório Guirado Faccioli (diretores institucionais da Abid).

Foto abaixo: acervo pessoal de Gregório Guirado Faccioli.



Panorama da missão técnica da Abid na Andaluzia, Espanha, em 2026



Equipe participante da missão na Espanha, em 2026. Da esquerda: Sílvio C. Lima, João B. Reis, Edilberto Rodrigues, Leonardo Parente, Luiz Morais, Mauro Martin, Danilo Luchiari, Jane Silveira, Alberto Aragão, Flávio Gonçalves, Gustavo Haddad, Regina C. Pires e Anicésio V. Caixeta. | Foto: acervo pessoal de João B. Reis.

A missão técnica de 2026 à Espanha teve como foco a experiência da agricultura irrigada na Comunidade Autônoma da Andaluzia, na Espanha. Essa missão ocorreu no período de 1 a 8 de março de 2026, passando por Sevilha, Córdoba, Almería, Huelva e Lebrija. A Andaluzia se destaca como um dos maiores expoentes da agricultura irrigada no mundo, com destaque para sua produção de frutas e hortaliças de alta qualidade e por seu papel notável na olivicultura. Além disso, a Andaluzia é rica em recursos hídri-

cos, com numerosos rios e reservatórios que abastecem os sistemas de irrigação da região. A gestão inteligente desses recursos tem permitido um uso equilibrado da água, garantindo a disponibilidade hídrica para as necessidades agrícolas e urbanas.

Atividades em Córdoba

Essa rica experiência da missão se iniciou em Córdoba, com a visita à represa San Rafael de Navallana, que possui uma grande infraestrutura hídrica de reservatórios, com

uma capacidade total de operação de 157 hm³. Entre 2007 e 2008, a infraestrutura da represa passou por uma grande modernização, a qual contribuiu para a redução do custo energético por ha, sendo hoje capaz de atender mais de 500 usuários em 5.000 ha na Andaluzia.

Em seguida, a comitiva conheceu o Instituto de Agricultura Sostenible do Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IAS/CSIC) e alguns de seus pesquisadores, como David Lozano, da área de agronomia, Helena Gomez, da área de conservação de solos, Blanca Alarcón, da área de modelagem e cultivo protegido, María Ruiz, da área de patógenos do solo, e Luca Testi, da área de modelagem e agrometeorologia e atual chefe do IAS. Nessa oportunidade, foi feita uma breve apresentação de todos os participantes da missão do Brasil. María Ruiz e David Lozano fizeram uma apresentação da agricultura irrigada de Andaluzia e de estudos realizados pelo IAS/CSIC, enfatizando os investimentos públicos e privados, o papel governamental na atuação do setor e o corpo técnico atual do instituto, com suas respectivas linhas de pesquisa. Além da troca de experiência profissional, a missão também possibilitou uma vivência arquitetônica e cultural da região, tendo a comitiva assistido a um espetáculo de flamenco, que representou de forma contagiante a cultura do sul da Espanha.

Atividades em Almería

Em Almería, ocorreu a visita à Estación Experimental Cajamar. O grupo foi recebido pela pesquisadora María Dolores Fernández, também conhecida como Loli, a qual guiou a comitiva para que fossem conhecidas as instalações, os modelos de casas de vegetação (estufas) e as tecnologias pesquisadas na estação. Almería é a região que possui a maior área de cultivo protegido do mundo,

com cerca de 35.000 ha de estufas – o que a leva a ser chamada de “mar de plástico” – para cultivos, principalmente, de pimenta, tomate e abobrinha, além de pitaya e laranja. A equipe da estação experimental conta com 12 pesquisadores na área agrônômica, com linhas de pesquisa em: controle biológico; robotização e automação; fertirrigação; e captação de água de chuva.

No mesmo dia, foram visitadas as instalações do centro de distribuição de hortaliças e frutas, o Agroponiente. Nessa visita, destacou-se a organização das caixas com os hortifrúteis, com mecanismos de rastreabilidade em todas as caixas, bem como a limpeza do local, sem a presença de frutos podres e desperdícios. Foi visitada, ainda, a sede da Moriah Research & Development, empresa de origem holandesa que trabalha com inovações tecnológicas e melhoramento genético de tomate, abobrinha, berinjela e pimenta. A empresa possui uma área experimental de pesquisa onde são realizados cruzamentos e avaliações de materiais genéticos resistentes a vírus, doenças e pragas. Tais atividades são feitas com uso de controle biológico, nanotecnologia e controle molecular, visando a maior produtividade, qualidade dos frutos e resistência das plantas a pragas e doenças.

Atividades em Moguer

Na província de Huelva, região importante e que lidera a produção de frutas vermelhas do país, ocorreu a visita a uma cooperativa-modelo, denominada Cuna de Platero, na cidade de Moguer. A equipe da missão técnica foi recebida pelo engenheiro agrônomo Francisco del Rosal García, que apresentou a história, a visão e a atuação da cooperativa para processamento e comercialização dos frutos em âmbito nacional e internacional. Os produtos atendidos na cooperativa são morango, mirtilo, framboesa e amora-pre-

ta. A cooperativa possui atualmente entre 80 e 90 sócios-produtores, ocupando uma área de 1.100 ha de frutas vermelhas. Após a apresentação da cooperativa, foram visitadas duas áreas de produtores de morango e mirtilo cultivados em estufas abertas lateralmente, como uma estrutura de túneis plásticos. A estrutura de beneficiamento (*packing house*) de frutas vermelhas de Cuna de Platero possui a mais alta tecnologia de processamento de frutas vermelhas do mundo, com câmaras frias, processos de embalagem por robotização, avaliação de cor e seleção de frutos por tamanho.

Atividades em Lebrija

Já na fase final da missão, na cidade de Lebrija, foi realizada uma visita à Comunidad de Regantes del Sector B-XII, do Bajo Guadalquivir, comarca de Sevilha, sendo o grupo acompanhado pelo pesquisador David Lozano, que apresentou o processo de modernização da gestão hídrica desse polo de irrigação que possui 150 km de canais, com 1.142 parcelas de irrigação e mais de 1.500 ha irrigados. Nessa área, além da estrutura hídrica de irrigação, com canais e saídas para cada parcela, o sistema de drenagem é muito bem projetado, uma vez que o rio está a uma cota superior às áreas irrigadas, o que torna a drenagem fundamental. Além disso, foi construído um muro de aproximadamente 40 km que cerca todo o perímetro irrigado. Na área, são 13 estações de bombeamento para as parcelas, com controle total de tempo de funcionamento, vazão, pressão e altura de água no canal. A irrigação nas parcelas é controlada e planejada pelo produtor, sendo monitorada em tempo real na sala de operação do perímetro irrigado. Diante de qualquer falha ou uso inadequado da água, o sistema gera um alerta e o produtor pode ter

sua disponibilidade de água para irrigação limitada ou até mesmo cortada. Dessa forma, o perímetro irrigado mantém uma gestão eficiente dos recursos hídricos da Andaluzia, desde a captação de recursos hídricos até as parcelas irrigadas, com bom aproveitamento de água. Notavelmente, a Espanha destaca-se pela sua experiência em agricultura irrigada e gestão de recursos hídricos com uma agricultura intensiva e focada na sustentabilidade.

Considerações finais

Importante constar nesse relato a experiência enriquecedora da missão para o aprimoramento de conhecimentos técnicos e científicos acerca da agricultura irrigada, além de trocas de experiências com pesquisadores, profissionais e empresários espanhóis e com os demais participantes da missão, com possibilidade de identificar oportunidades de parcerias, cooperações e estudos conjuntos.

Além da parte técnico-científica, vivenciar a cultura local da Espanha, como a dança flamenca, visitar os pontos turísticos importantes da Andaluzia e saborear a comida típica da região proporcionou à equipe da missão momentos indescritíveis.

Assim, atesta-se que a Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) tem promovido e organizado missões de alto nível no exterior para participantes do setor da agricultura irrigada brasileira. É recomendável que todos os interessados fiquem atentos à programação da Abid para terem oportunidades de participar das próximas missões.

Colaboraram neste artigo: Jane Maria de Carvalho Silveira (subdiretora de treinamentos da Abid) e João Batista Ribeiro da Silva Reis (diretor de publicações da Abid).

Panorama da missão técnica da Abid na Califórnia, Estados Unidos, em 2026



Equipe participante da missão na Califórnia em um sistema de irrigação que utiliza água de reúso. Da esquerda: José Alves, André Carvalho, Delfino Neto e Eusímio Fraga. | Foto: acervo pessoal de Eusímio Felisbino Braga Júnior.

A missão técnica da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) na Califórnia, nos Estados Unidos (EUA), ocorrida de 20 de março a 5 de abril de 2026, teve como objetivo conhecer os sistemas de irrigação, os métodos de manejo hídrico e de reúso de água, as tecnologias agrícolas e as estratégias de sustentabilidade adotadas em uma das regiões agrícolas mais importantes do mundo.

San Diego: história da irrigação e reúso de água

Em 22 de março, a comitiva visitou a histórica Old Mission Dam, em San Diego, estrutura de represamento considerada um dos primeiros grandes projetos de irrigação da Califórnia. Construída em 1803, a estrutura captava água de rios e a distribuía por canais até áreas agrícolas.

Além da visita histórica, o grupo conheceu o sistema de reúso de água da cidade, referência em sustentabilidade hídrica nos EUA. San Diego importa cerca de 85% a 90% da água que consome e investe fortemente em reciclagem de água para irrigação e uso industrial.

A cidade opera uma ampla rede de distribuição de água reciclada, identificada por tubulações roxas. Atualmente, aproximadamente 30 milhões de galões de água por dia são reciclados pela estação de tratamento North City Water Reclamation Plant, abastecendo parques, jardins, rodovias, universidades e campos de golfe.

A missão também visitou o Sunset Cliffs, um dos pontos turísticos mais conhecidos da costa californiana, famoso pelas falésias e pela vista panorâmica do Oceano Pacífico.

Imperial Valley: agricultura em pleno deserto

Em 23 de março, o grupo esteve no Imperial Valley, uma das regiões agrícolas mais impressionantes do mundo em termos de engenharia hidráulica e irrigação, com mais de 200 mil ha irrigados.

Localizado no sudeste da Califórnia, o vale recebe apenas cerca de 75 mm de chuva por ano e depende integralmente das águas do Rio Colorado. O abastecimento ocorre principalmente pelo All-American Canal, canal de 132 km de extensão, considerado um dos maiores sistemas de condução de água para irrigação do mundo.

O sistema é administrado pelo Imperial Irrigation District (IID), distrito público responsável por mais de 4,8 mil km de canais e drenos. A água é distribuída por gravidade diretamente às propriedades agrícolas. Devido às rigorosas restrições estaduais e à crise crônica do Rio Colorado, o IID investe massivamente em medição precisa, controle de perdas e infraestrutura tecnológica para manter a produtividade local utilizando menos recursos hídricos.

Mesmo em condições extremamente áridas, o Imperial Valley é estratégico para a segurança alimentar dos EUA. Durante o inverno, a região produz cerca de 90% das hortaliças folhosas consumidas no país, além de alface, trigo e beterraba-sacarina, contando também com atividade pecuária intensiva.

A salinidade do solo e da água está entre um dos principais desafios da região, o que exige controle por extensos sistemas de drenagem subterrânea. Na região do Imperial e Coachella Valley, há o escoamento e a drenagem das águas de irrigação agrícola para o Mar de Salton. A evaporação é a única saída de água do mar; logo, a concentração de sal aumenta constantemente ao longo do tem-

po. Hoje, a salinidade do Mar de Salton é de aproximadamente 45 g/L, 30% maior que a do oceano.

U.S. Salinity Laboratory: pesquisa em salinidade e eficiência hídrica

Em 24 de março, a missão visitou o U.S. Salinity Laboratory, em Riverside, centro de pesquisa de excelência vinculado ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

O laboratório desenvolve pesquisas voltadas à produção agrícola em solos salinos e ao uso eficiente da água, com destaque para as parcerias com outras instituições americanas e internacionais, inclusive brasileiras. Entre os principais trabalhos realizados, estão:

- Desenvolvimento de cultivares tolerantes à salinidade;
- Uso de imagens de satélite e sensores para mapeamento de sais no solo;
- Tecnologias para remoção de contaminantes de águas residuárias; e
- Modelagem da tolerância de plantas à salinidade.

A comitiva foi recebida pelo pesquisador brasileiro Jorge F. S. Ferreira, que apresentou estudos sobre os impactos da salinidade no balanço hídrico e nutricional das culturas agrícolas. Nessa visita, também foram discutidas estratégias de manejo, como drenagem, uso de lâminas excedentes de irrigação e seleção de cultivares mais tolerantes, especialmente importantes para regiões semi-áridas, como o Nordeste brasileiro.

Ventura e Paso Robles: irrigação e manejo eficiente

Em 25 de março, a missão visitou a região de Ventura, importante polo produtor de li-

mão, abacate e morango. Mesmo próxima ao Oceano Pacífico, a região possui baixa precipitação anual, cerca de 600 mm, o que torna a irrigação indispensável para a agricultura.

Os principais desafios observados foram relacionados à escassez hídrica, à salinidade, à contaminação de aquíferos, ao rebaixamento do lençol freático e à falta de mão de obra.

A equipe acompanhou atividades de campo com os especialistas Ben Faber e André Biscaro, que apresentaram tecnologias de manejo racional da água, incluindo aplicativos para apoio à irrigação. Os especialistas destacaram o trabalho de extensão realizado pela University of California (UC), por meio da divisão Agriculture and Natural Resources (UCANR), que busca conectar pesquisas científicas à comunidade agrícola, com foco em manejo de pragas, cultivos, recursos hídricos e sustentabilidade.

Em Paso Robles, a missão visitou a vinícola J. Lohr e conheceu uma estação meteorológica do sistema California Irrigation Management Information System (CIMIS), referência no monitoramento climático e no manejo da irrigação em vinhedos irrigados por gotejamento.

Monterey e Salinas Valley: sustentabilidade na produção agrícola

Em 26 de março, a missão esteve em Monterey e Salinas Valley, com acompanhamento do professor Caetano Albuquerque, da California State University, Monterey Bay. A região é responsável por cerca de 70% das hortaliças folhosas consumidas nos Estados Unidos. Apesar da escassez hídrica e dos problemas de salinidade, a agricultura local é altamente produtiva graças às técnicas avançadas de irrigação e drenagem.

Entre as iniciativas apresentadas na região para o manejo eficiente da água e dos ferti-

lizantes e para a promoção da conservação do solo, estão: o uso de softwares de manejo da irrigação; a utilização de cobertura do solo para plantio direto; e o reúso de água na agricultura.

O reúso de água na região de Monterey é um modelo global de sustentabilidade. A região recicla águas residuais, de drenagem agrícola e de esgoto para fornecer água de alta qualidade a mais de 12 mil acres de produção agrícola, protegendo os aquíferos locais contra a intrusão de água salgada. O sistema de reúso fornece água de qualidade para a irrigação de plantações alimentícias (como morango, alface e alcachofra) e, em parte, transforma águas de esgoto, pluviais e de drenagens de fazendas em água potável pura, devolvendo-a aos lençóis freáticos para abastecer e reforçar as reservas locais.

No mesmo dia, a missão visitou o reservatório San Luis, o maior reservatório *off-stream* dos Estados Unidos.

Fresno: tecnologia em irrigação localizada

Em 27 de março, a comitiva visitou em Fresno a fábrica da empresa Netafim, referência mundial em irrigação localizada. A unidade produz sistemas de gotejamento, microaspersão, filtros, conexões e soluções inteligentes para agricultura irrigada. Foram apresentados sistemas de automação e de monitoramento da umidade do solo; processos de reciclagem de tubos de irrigação; uso de água residuária de bovinocultura na irrigação por gotejamento; e tecnologias de fertirrigação e irrigação subsuperficial.

A missão também visitou áreas irrigadas com uvas, amêndoas, pistache, milho, trigo e alfafa. Segundo técnicos da empresa, o alto custo da água subterrânea e da energia faz com que os produtores utilizem sistemas altamente eficientes e automatizados para maior economia na produtividade agrícola.

Modernização dos canais de irrigação

Em 28 de março, a missão visitou a empresa Rubicon, em Modesto, especializada em automação e modernização de canais de irrigação.

Segundo os especialistas da empresa, a eficiência no campo depende diretamente da modernização da infraestrutura hídrica responsável pelo abastecimento das propriedades agrícolas, feito por meio de canais.

A visita também destacou a importância do sistema hídrico da Califórnia, baseado no degelo das montanhas da Serra Nevada, que abastece rios, barragens e canais responsáveis pela distribuição de água em todo o estado.

Atividades em San Francisco

Em 29 de março, a missão encerrou a programação técnica com visita à cidade de San Francisco, incluindo passagem pela famosa ponte de Golden Gate e pelo bairro Chinatown; também houve um momento de experiência com veículos autônomos.

Curso de irrigação localizada

Entre 30 de março e 4 de abril, os participantes iniciaram o Advanced School on Microirrigation for Crop Production, curso intensivo de irrigação, localizado na University of California (UC Davis).

O evento reuniu pesquisadores, consultores, produtores, gestores de recursos hídricos e profissionais da irrigação de diversos países para discutir avanços científicos e aplicações práticas da microirrigação.

O treinamento abordou temas como manejo da relação solo-água-planta-atmosfera; necessidade hídrica das culturas; dimensionamento hidráulico; gotejamento subsuperficial; fertirrigação; automação; filtragem; salinidade; e uso de água residual.

A programação ainda incluiu visitas técnicas em áreas agrícolas do Salinas Valley, com

destaque para a produção de uva irrigada, as estações meteorológicas do sistema CIMIS, a produção de hortaliças irrigadas e o cultivo de morango em vasos preenchidos com substratos e fertirrigados.

Sustentabilidade como principal desafio

Ao longo de toda a missão, ficou evidente que o grande desafio da agricultura californiana é manter a sustentabilidade do uso da água diante da crescente escassez de água.

A redução dos níveis dos aquíferos, o aumento da salinidade e os riscos de contaminação exigem investimentos constantes. Na imersão possibilitada pela missão técnica, foi possível identificar que a Califórnia vem respondendo aos desafios por meio de uma combinação de inovação tecnológica e gestão mais rigorosa da água.

As principais ações incluíram a implementação de sistemas para controlar a exploração dos aquíferos, a expansão da microirrigação e da fertirrigação de precisão, o uso crescente de sensores, a automação e o sensoriamento remoto para apoiar o manejo da irrigação, além de programas de recarga gerenciada de aquíferos durante períodos chuvosos.

Paralelamente, nota-se que houve uma migração para culturas de maior valor agregado e maior eficiência no uso da água (amêndoas, pistache, nozes, uvas, hortaliças de alto valor agregado), consolidando uma nova visão para a agricultura irrigada: maximizar a produtividade por unidade de água consumida, garantindo a sustentabilidade dos recursos hídricos a longo prazo.

Assim, a experiência proporcionada pela missão demonstrou como a integração entre pesquisa, tecnologia e gestão hídrica é fundamental para garantir a produtividade agrícola em regiões com severa escassez de água.

Colaboraram neste artigo: José Alves Júnior (diretor institucional da Abid) e Eusímio Felisbino Braga Júnior (diretor executivo da Abid).

Rede FLAIS: uma plataforma latino-americana para fortalecer a cooperação científica em irrigação sustentável

A irrigação sustentável ocupa uma posição estratégica diante de alguns dos maiores desafios contemporâneos da humanidade: garantir a segurança alimentar, promover a segurança hídrica e ampliar a resiliência dos sistemas produtivos frente às mudanças climáticas. Embora a América Latina e o Caribe concentrem uma das maiores disponibilidades de água doce do planeta e possuam enorme potencial agrícola, ainda existem importantes desafios relacionados à integração científica, ao compartilhamento de conhecimento e à construção de soluções conjuntas para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada.

Foi justamente com base na percepção dessa necessidade que nasceu a Rede FLAIS – Fórum Latino-Americano de Irrigação Sustentável, uma iniciativa internacional concebida por pesquisadores e instituições comprometidos com o fortalecimento da cooperação científica em irrigação, drenagem, agricultura irrigada e gestão dos recursos hídricos.

Além de um fórum de debates, a Rede FLAIS está sendo estruturada como uma plataforma permanente de cooperação científica, destinada a integrar pesquisadores, universidades, centros de pesquisa, órgãos governamentais, organismos internacionais, empresas e organizações da sociedade civil dos países da América Latina e Caribe, com participação de especialistas convidados de outras regiões do mundo.



A proposta surgiu a partir de discussões realizadas ao longo dos últimos anos entre pesquisadores da área e foi formalmente iniciada durante o Encuentro Técnico de Riego en Agricultura, realizado em março de 2025, em Colonia del Sacramento, Uruguai, sendo posteriormente consolidada em uma segunda reunião presencial, durante o 34º Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, em Fortaleza, em novembro de 2025. Desde então, a rede vem realizando reuniões técnicas periódicas e ampliando sua articulação institucional.

Uma rede para integrar ciência, tecnologia e inovação

A Rede FLAIS nasceu alinhada às principais agendas internacionais de desenvolvimento sustentável, reconhecendo que os desafios relacionados à água extrapolam fronteiras políticas e exigem respostas construídas de forma colaborativa.

Sua missão é promover um ambiente permanente de cooperação científica e técnica, capaz de conectar diferentes competências existentes na América Latina e no Caribe, estimulando pesquisas colaborativas, intercâmbio de experiências, desenvolvimento tecnológico e produção de conhecimento aplicado.

Nesse contexto, a rede atuará como um espaço de convergência entre ciência, inovação e políticas públicas, aproximando as instituições de pesquisa e os diferentes atores envolvidos na gestão da água para agricultura.

Objetivos da Rede FLAIS

A plataforma foi concebida para facilitar e fortalecer a cooperação científica regional por meio de diversas iniciativas estruturantes. Entre elas, estão:

- Promover o intercâmbio científico, técnico e profissional entre pesquisadores e instituições;
- Estimular a elaboração conjunta de projetos de pesquisa e inovação tecnológica;
- Ampliar a mobilidade de pesquisadores, estudantes e especialistas entre os países participantes;
- Incentivar a publicação de artigos científicos, livros, revistas e demais produtos técnicos em coautoria internacional;
- Disponibilizar um fórum permanente de discussão online, permitindo a comunicação contínua entre os membros da rede;
- Organizar e registrar ações, projetos, indicadores e resultados relacionados à irrigação sustentável na América Latina e no Caribe;
- Promover, de forma cooperativa, missões técnicas, seminários, workshops e eventos científicos internacionais;
- Contribuir para a formulação de políticas públicas voltadas ao uso sustentável da água na agricultura;
- Ampliar a difusão do conhecimento científico junto à sociedade e aos tomadores de decisão; e
- Fortalecer a inserção internacional da produção científica latino-americana.

Esses objetivos refletem a compreensão de que o fortalecimento institucional da cooperação científica representa um dos caminhos mais eficazes para acelerar a inovação e ampliar os impactos positivos da pesquisa sobre o desenvolvimento regional.

Principais ações previstas

A atuação da Rede FLAIS está organizada em torno de um conjunto de ações permanentes de cooperação científica, entre as quais se destacam:

- Desenvolvimento de uma plataforma digital colaborativa, contendo portal institucional, base de pesquisadores, repositório de informações e fórum permanente de discussão;
- Formação de grupos temáticos internacionais dedicados aos principais desafios da irrigação sustentável;
- Elaboração de projetos cooperativos envolvendo diferentes países da América Latina e do Caribe;
- Coorganização de eventos científicos, missões técnicas e programas de intercâmbio;
- Produção de artigos científicos, livros, documentos técnicos e materiais de divulgação;
- Monitoramento da evolução científica e tecnológica relacionada à irrigação sustentável na região; e
- Identificação de oportunidades de financiamento junto a agências nacionais e organismos internacionais.

Ao impulsionar essas iniciativas, a Rede FLAIS se ampliará como estratégia regional permanente de cooperação científica, capaz de integrar competências, compartilhar conhecimento e estimular soluções inovadoras para a agricultura irrigada.

Instituições que já integram a Rede FLAIS

Desde sua criação, a Rede FLAIS vem ampliando gradativamente sua base institucional. Até o momento, já participam da inicia-

tiva importantes instituições de pesquisa, universidades e organizações de diferentes países. Entre elas, estão:

- Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid);
- Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Colheitas Especiais e Irrigantes de Mato Grosso (Aprofir-MT);
- Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Cerrados);
- Centro Universitario de Innovación y Emprendimiento – Universidad Mayor de San Simón (CUIE/UMSS – Bolívia);
- Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf);
- Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Viçosa (DEA/UFV);
- Instituto Inovagri;
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Inia – Uruguai);
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Inta – Argentina);
- Facultad de Agronomía – Universidad de la República (Fagro/Udelar – Uruguai);
- Facultad de Ingeniería Agrícola – Universidad de Concepción (FIA/UdeC – Chile); e
- Servicio de Relaciones Internacionales – Universidad de la República (SRI/Udelar – Uruguai).

A rede permanece aberta à adesão de novas instituições e também à adesão individual de pesquisadores, buscando ampliar continuamente sua representatividade e capacidade de atuação regional.

Um convite à comunidade científica

Os desafios relacionados à segurança hídrica, à adaptação às mudanças climáticas e à produção sustentável de alimentos exigem uma comunidade científica cada vez mais integrada, colaborativa e internacionalizada. A Rede FLAIS foi criada com esse propósito: constituir um ambiente permanente de cooperação, em que conhecimento, experiência e inovação possam ser compartilhados em benefício de toda região participante.

Por isso, a Abid, como uma das instituições participantes, convida pesquisadores, professores, estudantes de pós-graduação, centros de pesquisa, universidades, instituições governamentais, empresas e organismos internacionais que atuam nas áreas de irrigação, drenagem, agricultura irrigada, recursos hídricos e sustentabilidade a integrarem essa iniciativa. Nosso país, a América Latina e o Caribe precisam desenvolver, de forma conjunta e sustentável, sua irrigação.

Ao aderir à Rede FLAIS, cada instituição passa a fazer parte de um esforço coletivo para fortalecer a pesquisa colaborativa, ampliar a mobilidade científica, desenvolver projetos internacionais, compartilhar experiências e contribuir para a construção de soluções sustentáveis que promovam a segurança hídrica, a segurança alimentar e o desenvolvimento da agricultura irrigada na América Latina e no Caribe.

A cooperação científica é um dos principais motores da inovação. A Rede FLAIS convida você e sua instituição a fazerem parte dessa construção coletiva. Junte-se à Rede e participe da formação da maior plataforma latino-americana de cooperação científica em irrigação sustentável. Acesse o site www.abid.org.br/redeflais para conhecer mais e aderir à Rede FLAIS.

Contato: Aline Trindade – associados@abid.org.br

3 CURSOS da **Abid** que atualizarão seu currículo e acontecerão no 2º semestre



Formação de montadores de irrigação



Presencial



7 a 9 de outubro de 2026



Epamig em Nova Porteirinha-MG



Curso básico de transientes hidráulicos



Presencial



24 a 27 de novembro de 2026



IAC em Campinas-SP



Projetos de irrigação localizada



Online



fluxo contínuo



<https://inovagri.educadoragil.com.br/>

Fique por dentro
e se inscreva



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

cursos



@ABID.BRASIL

WWW.ABID.ORG.BR

Inteligência artificial e sensoriamento remoto na otimização da gestão hídrica

Lineu Neiva Rodrigues (palestrante), Francisco Michel Freire de Sousa (palestrante), Thiago Henriques Fontenelle (palestrante), David Lozano Pérez (palestrante) e Eusímio Felisbino Fraga Júnior (moderador e relator)

Panorama atual

A agricultura irrigada atravessa um período de profunda transformação, impulsionada pela digitalização dos sistemas produtivos e pelo avanço das tecnologias de monitoramento ambiental. O aumento da variabilidade climática, a necessidade de maior eficiência no uso da água e a crescente demanda por alimentos têm exigido ferramentas capazes de fornecer informações precisas e em tempo real para apoiar a tomada de decisão, seja dos produtores rurais, seja dos gestores de recursos hídricos.

Nesse contexto, o sensoriamento remoto, as geotecnologias e a inteligência artificial consolidam-se como instrumentos estratégicos para o monitoramento das culturas agrícolas, fornecendo estimativas da demanda hídrica, previsões de produtividade e planejamentos dos usos dos recursos naturais. A ampla disponibilidade de imagens de satélite, sensores embarcados, estações meteorológicas automáticas e plataformas digitais tem permitido a geração de grandes volumes de dados, cuja interpretação passou a depender de técnicas avançadas de análise e aprendizado de máquina.

A integração dessas tecnologias possibilita uma agricultura mais eficiente, sustentável e resiliente, contribuindo para a otimização

da irrigação, a redução de desperdícios e o aprimoramento da gestão hídrica em diferentes escalas, desde a propriedade rural até as bacias hidrográficas.

Modelos preditivos e inteligência artificial aplicados ao manejo da irrigação

A utilização de inteligência artificial na agricultura irrigada representa uma evolução significativa na forma de planejar e gerenciar o uso da água. Por meio da integração de dados climáticos, agronômicos e hidrológicos, os modelos preditivos permitem estimar cenários futuros e antecipar necessidades hídricas das culturas.

Ferramentas de aprendizado de máquina são capazes de identificar padrões complexos em grandes bases de dados, aumentando a precisão das recomendações de irrigação e reduzindo incertezas associadas às condições climáticas. Além disso, essas tecnologias auxiliam na avaliação de riscos, na definição de estratégias de adaptação às mudanças climáticas e na construção de sistemas produtivos mais resilientes.

Portanto, a utilização dessas ferramentas pode contribuir para elevar a eficiência do uso da água, reduzir custos operacionais e ampliar a sustentabilidade da agricultura irrigada.

Geotecnologias no monitoramento da agricultura irrigada do Brasil

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento têm desempenhado papel fundamental no monitoramento da agricultura irrigada em escala nacional. A utilização de imagens orbitais permite identificar áreas irrigadas, acompanhar sua expansão ao longo do tempo e gerar informações estratégicas para o planejamento dos recursos hídricos.

Essas tecnologias fornecem subsídios importantes para a gestão pública, permitindo melhor compreensão da distribuição espacial da irrigação, das demandas por água e das tendências de crescimento do setor. Assim, o monitoramento sistemático das áreas irrigadas fortalece a capacidade de planejamento e contribui para a formulação de políticas públicas voltadas ao uso sustentável dos recursos naturais.

Além disso, a crescente disponibilidade de dados geoespaciais amplia a transparência e a eficiência dos processos de gestão hídrica, favorecendo decisões mais fundamentadas e alinhadas aos princípios da segurança hídrica.

Comunidade de dados e inteligência coletiva para uma irrigação bem-sucedida

O avanço da agricultura digital demonstra que o valor dos dados não está apenas em sua coleta, mas principalmente em sua integração e em seu compartilhamento. Nesse sentido, o conceito de comunidade de dados surge como uma abordagem inovadora para promover a inteligência coletiva no setor agrícola.

A partir da experiência espanhola – construída em um contexto marcado pela limitação dos recursos hídricos, elevada eficiência dos sistemas irrigados e forte incorporação de tecnologias digitais –, foi demonstrado que a geração de valor não depende apenas da coleta de dados, mas da capacidade de conectar informações provenientes de diferentes fontes e transformá-las em conhecimento compartilhado. Nesse modelo, sensores de campo, estações meteorológicas, imagens de satélite, plataformas digitais e informações operacionais passam a compor um ecossistema integrado de apoio à decisão sobre o uso eficaz de água.

O conceito de comunidade de dados baseia-se na inteligência coletiva gerada pelo compartilhamento estruturado de informações entre múltiplos usuários. Quanto maiores a participação e a diversidade de dados disponíveis, mais robustos se tornam os modelos analíticos e as recomendações de manejo. Essa abordagem possibilita a identificação de padrões, a antecipação de riscos e a construção de soluções mais eficientes para diferentes realidades agrícolas.

Logo, a cooperação entre usuários, empresas e instituições representa uma evolução natural da agricultura digital, permitindo que o conhecimento produzido individualmente seja convertido em benefícios coletivos. Em um cenário de crescente pressão sobre o uso dos recursos hídricos, a inteligência coletiva surge como uma ferramenta estratégica para aumentar a eficiência da irrigação, reduzir incertezas e fortalecer a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Considerações finais

Os debates realizados durante a mesa-redonda evidenciaram que a transformação digital da agricultura irrigada depende da integração entre geotecnologias, inteligência artificial e sistemas colaborativos de gestão de dados. Essas ferramentas estão modificando a forma como o uso da água é monitorado e planejado nos sistemas produtivos, oferecendo oportunidades concretas para aumentar a eficiência e a sustentabilidade da irrigação.

Ficou evidente que a geração de dados em larga escala já não constitui o principal desafio do setor. Também, o futuro da irrigação não será baseado apenas em equipamentos mais modernos ou algoritmos mais sofisticados, mas, principalmente, na capacidade de conectar pessoas, dados e conhecimento em redes colaborativas capazes de gerar decisões mais precisas e adaptadas às necessidades dos produtores e gestores.

Conclui-se que o futuro da gestão hídrica na agricultura será fortemente orientado por dados, exigindo investimentos contínuos em inovação, conectividade, capacitação técnica e integração institucional. Portanto, a convergência dessas tecnologias representa um caminho promissor para fortalecer a segurança hídrica, aumentar a produtividade agrícola e promover o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada brasileira.



Foto: banco de imagens Magnific.

Economia circular na agricultura irrigada: reúso de água e valoração de recursos naturais

Everardo Chartuni Mantovani (palestrante), Salomão de Sousa Medeiros (palestrante), Milton Marques Fernandes (palestrante) e Gregório Guirado Faccioli (moderador e relator)

Panorama atual

A economia circular aplicada à agricultura irrigada vem ganhando destaque como uma estratégia promissora para enfrentar simultaneamente a escassez hídrica, as mudanças climáticas e a crescente demanda por alimentos. Vários autores apontam que, diferentemente do modelo linear de produção – baseado na extração, no uso e no descarte de recursos –, a economia circular busca promover o fechamento dos ciclos da água, dos nutrientes e da energia, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência dos sistemas produtivos.

O conceito de economia circular da água fundamenta-se nos princípios da redução, da reutilização, da reciclagem e da recuperação de recursos. Muitos autores destacam que o reúso agrícola permite transformar efluentes tratados em fontes alternativas de irrigação, promovendo maior eficiência hídrica e reduzindo a dependência de águas superficiais e subterrâneas.

Além disso, a utilização de águas residuárias tratadas na agricultura apresenta benefícios adicionais, uma vez que esses efluentes frequentemente contêm nutrientes essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio. Dessa forma, o reúso não apenas fornece água para irrigação, mas também contribui para a reciclagem de nutrientes e para a redução do uso de fertilizantes sintéticos, fortalecendo os princípios da economia circular.

Compreender o valor econômico da água é fundamental para orientar as políticas de alocação eficiente dos recursos hídricos, especialmente em cenários de crescente escassez, de conflitos pelo uso da água e de mudanças climáticas. Nesse contexto, a água passa a ser reconhecida não apenas como insumo produtivo, mas como um ativo estratégico capaz de gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Agricultura irrigada sustentável e sua interação com a economia circular

A agricultura irrigada brasileira passa por um momento importante, marcado por forte crescimento e desenvolvimento. Para manter e ampliar esse cenário, é fundamental se alinhar aos conceitos contemporâneos, nos quais a sustentabilidade é a palavra-chave, sendo a economia circular uma importante estratégia para efetivá-la.

A economia circular consiste em uma estrutura de soluções sistêmicas para enfrentar desafios globais, como as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade, a gestão de resíduos e a poluição. Baseia-se em três princípios: (I) eliminar resíduos e poluição; (II) circular produtos e materiais em seu valor mais alto; e (III) regenerar a natureza.

Na discussão apresentada na mesa-redonda, destacaram-se as recomendações básicas de que o setor de irrigação e da agricultura irrigada tome a frente na apre-

sentação, na discussão e na incorporação desse conceito ao sistema produtivo. Dessa forma, será possível colher os benefícios de práticas já em andamento e implementar novas propostas. Para isso, é necessário que todos os envolvidos – incluindo a indústria (que tem papel relevante no desenvolvimento e na difusão do processo), revendedores, projetistas, gestores de sistemas irrigados, técnicos em geral e irrigantes – reconheçam a importância do tema e trabalhem para a sua expansão.

A economia circular é, em sua essência, um sistema econômico projetado para minimizar o desperdício e promover o uso eficiente de recursos – um objetivo primordial para uma agricultura irrigada sustentável.

Viabilidade ambiental da fertirrigação utilizando efluentes domésticos tratados

A crescente pressão sobre a gestão eficaz dos recursos hídricos tem ampliado a necessidade de adoção de estratégias que promovam o uso mais eficiente da água e a valorização dos recursos naturais. Nesse contexto, a economia circular surge como uma abordagem capaz de transformar resíduos em recursos, reduzindo os impactos ambientais e criando novas oportunidades para a agricultura irrigada. Entre essas oportunidades, destaca-se o reúso de água, que permite aproveitar efluentes tratados para fins produtivos, contribuindo simultaneamente para a segurança hídrica, a produção de alimentos e a preservação ambiental.

A apresentação realizada na mesa-redonda destacou o cenário global do reúso de água e sua crescente relevância em países que enfrentam severas limitações hídricas, como Singapura e Israel. Em Singapura, o reúso urbano desempenha papel fundamental no

abastecimento da população e na redução da dependência de fontes externas de água. Já em Israel, referência mundial em reúso agrícola, a ampla utilização de efluentes tratados na irrigação contribuiu decisivamente para a expansão da produção agrícola do país. Esses exemplos evidenciam que a adoção planejada e segura do reúso de água pode fortalecer a segurança hídrica, aumentar a resiliência frente às mudanças climáticas e impulsionar o desenvolvimento sustentável.

No Brasil, foi enfatizado o enorme potencial dos esgotos domésticos como fonte alternativa de água para a agricultura irrigada. Resultados de pesquisa ainda não publicada, feita por Salomão Medeiros, e divulgados em comunicação pessoal do pesquisador demonstraram que o volume de esgoto atualmente gerado no país possui potencial para irrigar aproximadamente 3,8 milhões de hectares. Considerando apenas o esgoto efetivamente coletado, o potencial ainda alcança cerca de 2,46 milhões de hectares, enquanto o esgoto já tratado poderia irrigar aproximadamente 1,99 milhão de hectares. Esses números evidenciam que o reúso de água pode se tornar uma importante estratégia para ampliar a oferta hídrica destinada à produção agrícola, sem aumentar a pressão sobre rios, reservatórios e aquíferos.

Além da água, a apresentação ressaltou o potencial nutricional presente nos esgotos domésticos. Estima-se que o esgoto gerado diariamente no Brasil contenha cerca de 1.349 toneladas de nitrogênio, 809 toneladas de potássio e 378 toneladas de fósforo, elementos essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Atualmente, esses nutrientes são lançados no meio ambiente, contribuindo para a degradação da qualidade da água e para a intensificação de processos de eutrofização em rios, lagos e

reservatórios. Entretanto, quando incorporados a programas de reúso agrícola, esses nutrientes podem ser recuperados e reinseridos nos sistemas produtivos, promovendo a ciclagem de nutrientes, reduzindo a dependência de fertilizantes minerais, diminuindo os custos de produção e aumentando a eficiência do uso dos recursos naturais. Dessa forma, o reúso de água deixa de representar apenas uma estratégia de ampliação da oferta hídrica e passa a desempenhar um papel fundamental na construção de sistemas agrícolas mais sustentáveis, produtivos e alinhados aos princípios da economia circular.

Na mesa-redonda, foram também apresentados exemplos práticos de produção e uso de água reciclada na agricultura no Brasil, demonstrando que o reúso pode gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais. Além de reduzir a pressão sobre mananciais, essa prática contribui para a diminuição da carga poluidora lançada nos corpos hídricos, promove a reciclagem de água e nutrientes e fortalece a resiliência dos sistemas produtivos diante das mudanças climáticas e da crescente escassez hídrica.

A discussão também ressaltou a importância da integração entre saneamento, gestão de recursos hídricos e agricultura irrigada, destacando iniciativas voltadas à produção de água reciclada em comunidades rurais e ao uso seguro de efluentes tratados para fins agrícolas. Nesse modelo, o esgoto deixa de ser visto apenas como um passivo ambiental e passa a ser reconhecido como uma fonte estratégica de água e de nutrientes, dotada de valor econômico e capaz de impulsionar a produção agrícola e de promover o desenvolvimento sustentável.

Portanto, o reúso de água representa uma das mais promissoras aplicações da economia circular na agricultura irrigada. Seu

potencial para irrigar milhões de hectares e recuperar milhares de toneladas de nutrientes diariamente demonstra que os efluentes tratados podem desempenhar papel fundamental na expansão sustentável da agricultura brasileira. Ao transformar resíduos em recursos produtivos, o reúso contribui para a segurança hídrica, a redução dos custos de produção, a melhoria da qualidade dos mananciais e a construção de sistemas agrícolas mais resilientes, eficientes e alinhados aos princípios da sustentabilidade e da economia circular.

Valorização de recursos naturais na produção irrigada sustentável

Os conceitos de valoração ambiental e de pagamentos por serviços ambientais (PSA) foram apresentados na palestra da mesa-redonda, destacando a importância da conservação das florestas e dos recursos hídricos diante da crescente demanda por serviços ecossistêmicos. Foram discutidas as diferenças entre serviços ecossistêmicos e serviços ambientais, enfatizando que os primeiros correspondem aos benefícios proporcionados pelos ecossistemas naturais, enquanto os segundos resultam das ações humanas voltadas à manutenção ou recuperação desses ecossistemas. Também foram apresentados os serviços hidrológicos prestados pelas florestas, como infiltração de água, recarga de aquíferos, controle da erosão e proteção das nascentes.

Os fundamentos da valoração ambiental, que busca atribuir valor econômico aos recursos naturais por meio dos valores de uso direto, uso indireto, valor de opção e valor de existência foram apresentados. Em seguida, foram discutidos os principais aspectos da Lei nº 14.119/2021, que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), definindo os papéis dos

provedores e dos pagadores de serviços ambientais, as modalidades de pagamento e os objetivos relacionados à conservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e do solo e à mitigação das mudanças climáticas. A apresentação também destacou as ações prioritárias voltadas a segurança hídrica, conservação de remanescentes florestais e incentivo a sistemas produtivos sustentáveis.

Também foram abordados os mecanismos econômicos associados ao mercado de carbono e à redução das emissões de gases de efeito estufa, incluindo o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE), os créditos

de carbono e os programas REDD+. Exemplos práticos, como a proteção da Bacia de Catskill em Nova York, o Programa Produtor de Água da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Projeto Conservador das Águas de Extrema-MG e o ICMS Ecológico do Paraná, demonstram como instrumentos econômicos podem incentivar a conservação ambiental. No fechamento da palestra, foi reforçado que a remuneração dos serviços ambientais constitui uma estratégia eficiente para promover a proteção dos ecossistemas, garantir a disponibilidade de água e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Considerações finais

A economia circular aplicada à agricultura irrigada consolida-se como uma das principais estratégias para enfrentar os desafios contemporâneos relacionados à segurança hídrica, à produção de alimentos, às mudanças climáticas e à conservação dos recursos naturais. As discussões apresentadas evidenciaram que a transição de modelos lineares para sistemas circulares permite otimizar o uso da água, promover a reciclagem de nutrientes, reduzir desperdícios e aumentar a sustentabilidade dos sistemas produtivos agrícolas.

A abordagem da agricultura irrigada sustentável demonstra que a incorporação dos princípios da economia circular não representa apenas uma alternativa ambientalmente responsável, mas também uma oportunidade para ampliar a eficiência produtiva e fortalecer a competitividade do setor agrícola. Nesse contexto, torna-se fundamental a participação integrada de produtores, pesquisadores, empresas, instituições públicas e órgãos de gestão de recursos hídricos na implementação de práticas inovadoras e que promovam o uso racional dos recursos naturais.

A utilização de efluentes domésticos tratados para fertirrigação destacou-se como uma das aplicações mais promissoras da economia circular na agricultura irrigada. Além de ampliar a disponibilidade hídrica, o reúso agrícola possibilita a recuperação de nutrientes essenciais para as plantas, reduzindo a dependência de fertilizantes minerais e contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais associados ao lançamento inadequado de esgotos nos corpos hídricos. Os exemplos nacionais e internacionais apresentados demonstram que o reúso

planejado e seguro pode desempenhar papel estratégico na construção de sistemas agrícolas mais resilientes e adaptados aos cenários de escassez hídrica.

Da mesma forma, a valorização econômica dos recursos naturais reforça a necessidade de reconhecer a água como um ativo estratégico para o desenvolvimento sustentável. A adoção de mecanismos de valoração contribui para a tomada de decisões mais eficientes, incentivando práticas de conservação, uso racional dos recursos hídricos e investimentos em tecnologias capazes de aumentar a produtividade com menos impacto ambiental.

Logo, a integração entre economia circular, reúso de água, fertirrigação e valoração dos recursos naturais constitui um caminho indispensável para o futuro da agricultura irrigada. A consolidação dessas práticas permitirá não apenas aumentar a eficiência do uso da água e dos nutrientes, mas também promover benefícios econômicos, sociais e ambientais, contribuindo diretamente para os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), especialmente aqueles relacionados a água limpa e saneamento, consumo e produção responsáveis, ação climática e segurança alimentar. Dessa forma, a agricultura irrigada poderá desempenhar um papel cada vez mais relevante na construção de sistemas produtivos sustentáveis, resilientes e alinhados às demandas das futuras gerações.

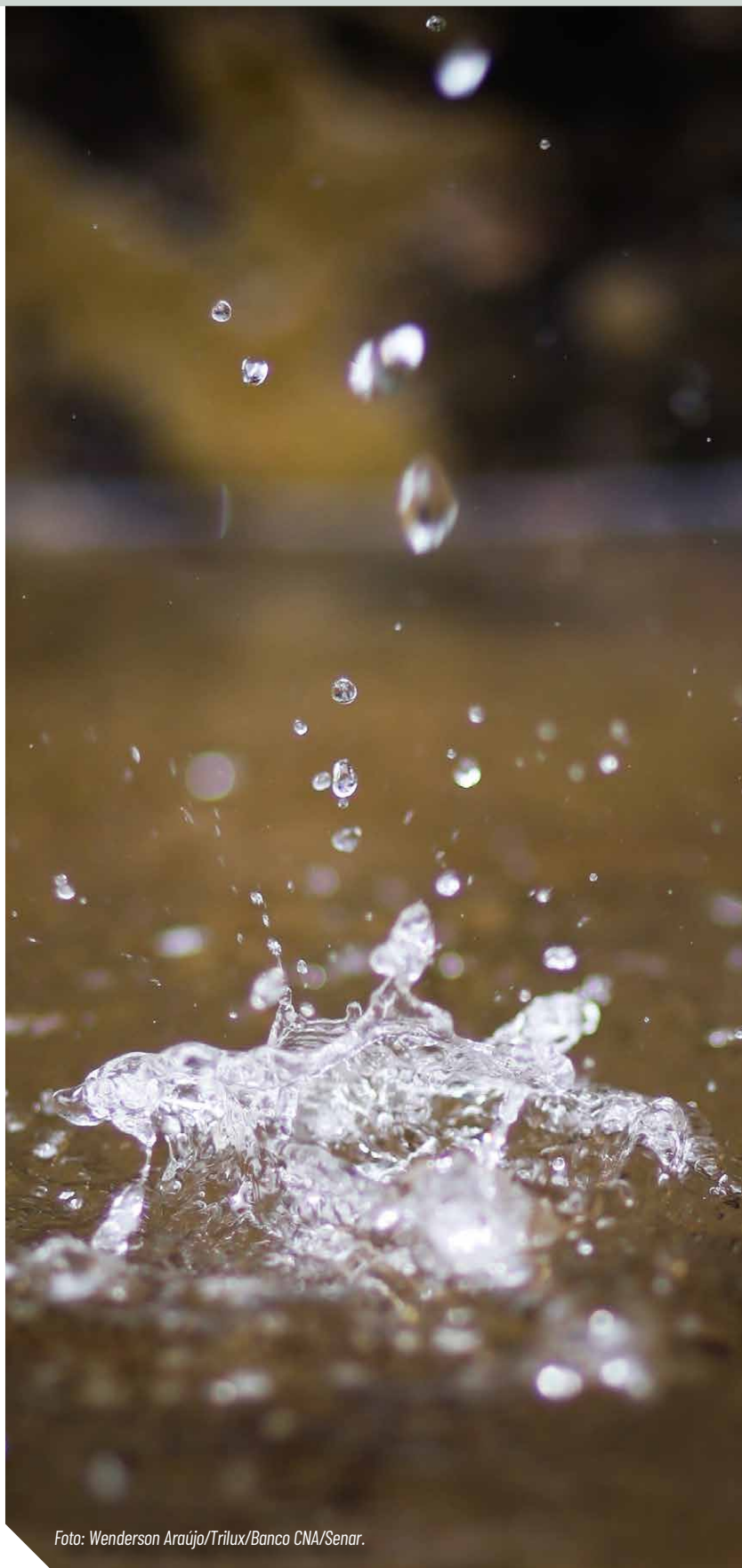


Foto: Wenderson Araújo/Trilux/Banco CNA/Senar.

Agricultura irrigada e estratégias de mitigação da degradação do solo

Afrânio Cesar Migliari (palestrante), Luiz Antônio Lima (palestrante), Afonso Peche Filho (palestrante), Aline de Souza Trindade (relatora) e Jane Maria de Carvalho Silveira (moderadora e relatora)

Panorama atual

A sustentabilidade na agricultura irrigada vem sendo discutida nos últimos anos não apenas sob a ótica da escassez hídrica e das mudanças climáticas, mas também sob o ponto de vista das estratégias intrínsecas à tecnologia de irrigação que podem contribuir com a mitigação do uso de recursos naturais, principalmente as relacionadas à degradação do solo.

Nesse sentido, a mesa-redonda reuniu tópicos e estratégias inovadoras para a mitigação da degradação do solo a partir dos três pilares fundamentais de tecnologia e inovação: do setor produtivo, abordando como a gestão da produção irrigada preconiza o solo com base nas ações de uma associação de produtores; da pesquisa científica, dissertando sobre os novos conceitos acerca da ecologia funcional e estrutural para solos irrigados; e da universidade, considerando como o desenvolvimento de tecnologias inovadoras pode contribuir para a minimização da contaminação do solo, com foco em sistemas de drenagem georreferenciada sem envoltório.

Sistemas agrícolas irrigados

Na palestra proferida por Afrânio Cesar Migliari, então diretor executivo da Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Grãos Especiais e Irrigantes de Mato Grosso (Apro-

fir-MT) e do Instituto Mato-Grossense do Feijão, Pulses, Colheitas Especiais e Irrigantes (Imafir), o conferencista focou no setor produtivo do estado de Mato Grosso sob o ponto de vista das duas instituições coordenadas por ele, tanto na área de irrigação quanto na de produção de feijões e pulses. Foi mencionado que muitos produtores de feijão utilizam tecnologia de irrigação, na maioria pivô central, sendo que, no estado de Mato Grosso, o feijão ocorre majoritariamente como cultura de terceira safra (safrinha), aproveitando o período de seca (outono-inverno) após as colheitas principais (soja e milho).

Argumentou-se que, em observação – mesmo que leiga, ou não científica –, é perceptível que há incremento significativo da produtividade em propriedades irrigantes. O palestrante salientou que, no estado, o uso de pivôs centrais em grandes áreas impõe dinâmicas específicas ao perfil dos solos, havendo, portanto, grande variação dessas dinâmicas, já que os solos da região apresentam baixa retenção hídrica natural (especialmente os mais arenosos), o que exige que o manejo da água na irrigação seja de alta precisão.

Segundo relatou, no estado, a produção no período de inverno é bastante dependente da irrigação, visto que a precipitação natural nesse período é quase nula. Nesse contexto, o método de pivô central é considerado o

ideal por cobrir extensas áreas planas e, ressaltados a manutenção e o monitoramento, por garantir a eficiência na distribuição de água nas culturas.

Afrânio também aproveitou a oportunidade para reforçar a importância de investimentos tanto públicos quanto privados em estudos, projetos e diagnósticos da atividade agrícola irrigada e de suas interações com outras áreas, como gestão de outorgas, disponibilidade hídrica, energia e, também, escoamento de produção.

Resultados de estudos e projetos específicos, realizados sob demanda da Aprofir, junto ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) e ao Ministério de Minas e Energia (MME), além de outro estudo nacional, como levantamento realizado pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), concluem que, atualmente, o estado de Mato Grosso tem como principal gargalo a energia. Afrânio enumerou os gargalos de alto impacto para o uso da irrigação no estado: energia cara, infraestrutura elétrica deficiente (a maior parte do estado opera em rede monofásica, enquanto que a outra parte, que já tem energia trifásica, tem problemas com instabilidade) e pressão sanitária (o uso do pivô no inverno pode atrair mosca-branca, uma praga-problema para os produtores de feijão que precisa ser monitorada rigorosamente).

Para minimizar e agir ativamente na representação dos produtores junto aos órgãos deliberativos e normativos e à companhia de energia atuante no estado, a Aprofir vem somando à equipe, com frequência, profissionais da área de Engenharia Elétrica e parceiros que contribuam na busca por soluções para esses gargalos.

Por fim, Afrânio reforçou a importância de o setor da agricultura irrigada continuar parti-

cipando de comissões, conselhos, consultas públicas, reuniões, workshops e eventos que venham a construir o caminho para a evolução sustentável do setor no estado do Mato Grosso e no Brasil.

Estratégias ecológicas para manejo de solos irrigados

O pesquisador Afonso Pêche Filho, em sua palestra, apresentou o manejo ecológico de solos irrigados, o qual compreende o solo como sistema bio-hidrológico vivo. Nele, a água deve atuar como um agente de regeneração, e não de degradação.

Esse conceito baseia-se em dois eixos complementares: a ecologia estrutural, que preserva a integridade física, a agregação e a porosidade do solo; e a ecologia funcional, que regula fluxos de energia, nutrientes, água, gases e vida microbiana. Esses processos interdependentes sustentam a autopoiese do sistema, isto é, sua capacidade de produzir e renovar continuamente seus próprios componentes.

Segundo Pêche, irrigar ecologicamente significa manejar cobertura, infiltração, biota, carbono e equilíbrio iônico para manter o solo vivo, produtivo e autorregulado.

Drenagem georreferenciada sem envoltórios

Luiz Antônio Lima, em sua fala, apresentou os tipos de drenos existentes, destacando que, até então, é utilizada, para drenos tubulares enterrados, a colocação de brita ou pedrisco ao redor dos drenos – e, em alguns casos, manta geotêxtil. A palestra abordou quando não se deve usar manta geotêxtil e apresentou drenos tubulares corrugados com orifícios não retangulares, mas sim em forma de ranhura de 0,2 mm a 0,4 mm de lar-

gura e 20 mm de comprimento, designados como drenos KC (*knife cut*).

Segundo Lima, esse tipo de dreno foi exaustivamente testado no Laboratório de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e a teoria envolvida no fluxo através dos orifícios foi comparada ao fluxo em ranhuras de tubos geomecânicos utilizados em poços tubulares instalados em aquíferos livres. O principal destaque apresentado é que os drenos KC não precisam de envoltórios (brita, pedrisco ou manta geotêxtil) ao redor e podem ser instalados facilmente com equipamentos modernos. Com auxílio de GPS RTK embarcado, os drenos podem ser instalados automaticamente com declividade uniforme, com rendimento de até 11 km de drenos por dia.

Por fim, o professor Luiz Lima destacou que drenos abertos devem ser utilizados apenas em casos em que é preciso recolher água de escoamento superficial, já que drenos para recolher água subterrânea exigem manutenção (capinas) anuais e estão expostos à contaminação por deriva de produtos aplicados via pulverização.

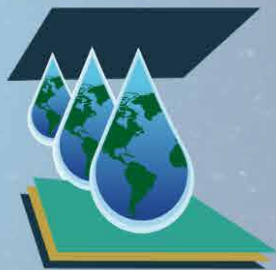
Considerações finais

A dinâmica das apresentações e as discussões geradas sobre a mitigação da degradação do solo nos sistemas irrigados trouxeram um novo olhar para os processos de infiltração e de drenagem de solos agrícolas. Esses processos estão diretamente relacionados ao equilíbrio do solo e à disponibilidade da água para garantir a sustentabilidade da agricultura irrigada em cenários críticos de escassez hídrica e de eventos climáticos extremos.



Foto: imagem generativa do Copilot.

XXXV CONIRD



CONGRESSO NACIONAL
DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

Calendário

Submissão de trabalhos



13 SET

DATA LIMITE PARA ENVIO DE
RESUMOS EXPANDIDOS NO SITE



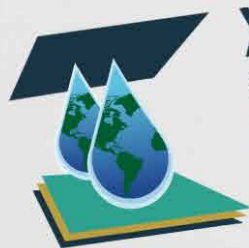
14 SET
A 5 OUT

PERÍODO DE AVALIAÇÃO DE RESUMOS
E RECEBIMENTO DA CARTA DE ACEITE



2 NOV

DATA LIMITE PARA ENVIO DO TRABALHO
COMPLETO NO SITE



XXXV CONIRD
CONGRESSO NACIONAL DE
IRRIGAÇÃO
E DRENAGEM



FÓRUM
LATINO-AMERICANO
DE IRRIGAÇÃO SUSTENTÁVEL

8 a 10 de dezembro de 2026, no Centro de Eventos do Ceará, Fortaleza - CE - Brasil

visite o site:

www.abid.org.br/conird26



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

Preservação de sistemas hidráulicos: manutenção, segurança hídrica e prevenção de falhas

Eric Rothberg (palestrante), Stocler Manoel de Andrade (palestrante), Luciano de Arruda Coelho Filho (palestrante) e Luiz Fabiano Palaretti (moderador e relator)

Panorama atual

A segurança hídrica, tanto em âmbito global quanto nacional, enfrenta um gargalo severo na disponibilidade e na distribuição de água. É fato que o desperdício desse recurso agrava a situação, gerando perdas que impactam diretamente a cidade e o campo. Ao encontro disso, as pressões financeiras sobre os usuários podem se tornar insustentáveis e inviabilizar os empreendimentos urbanos e rurais. No contexto brasileiro, é pertinente ressaltar a necessidade do cumprimento das metas do marco legal do saneamento básico, as quais perpassam pelo controle de perdas e pela eficiência hidráulica, o que exige investimentos financeiros, ambientais e profissionais.

No campo, na produção de alimentos, a situação também é preocupante do ponto de vista hídrico, cenário em que a incompatibilidade entre disponibilidade e demanda por água restringe o desenvolvimento dos produtores rurais, exigindo-se, assim, investimentos em sistemas de irrigação, os quais, por sua vez, requerem água disponível para a reposição hídrica e a produção de alimento, fibras e energia.

Nesse sentido, entende-se que a grande virada de chave do setor hídrico será a incorporação de modelos hidráulicos mais sustentáveis e eficazes, com simulações digitais, uso de redes sensoriais para monitoramento em tempo real e reserva do excedente de água

no período de chuva para utilização nos momentos de restrição hídrica.

A aplicação de equipamentos de telemetria – que, conectados a sensores, possam transmitir anomalias de vazão e pressão – é imprescindível e torna mais eficiente a capacidade de resposta dos gestores frente às intercorrências, como o rompimento de dispositivos hidráulicos, o mau funcionamento de bombeamento e a variação de vazão fornecida.

Assim, preservar os sistemas hidráulicos vai além de performar melhor na segurança hídrica; significa, também, evitar catástrofes, contaminação ambiental, degradação precoce de instalações hidráulicas e falhas no fornecimento de água, assegurando, portanto, a integridade física dos usuários de recursos hídricos.

Tecnologias para redução de perdas em canais de irrigação

Como usuária principal dos recursos hídricos, a agricultura irrigada é a mais preocupada com a preservação da água doce do mundo. Para isso, vem modernizando sua estrutura, incluindo os canais para condução de água.

Com o revestimento dos canais, reduz-se a perda massiva de água por infiltração no solo e por evaporação, estancando o desperdício. Assim, o revestimento dos canais com geomembrana sintética (PEAD/PVC) de alta durabilidade, o uso de aditivos químicos im-

permeabilizantes no concreto e, em alguns casos, a substituição por sistemas de tubulações são avanços que modernizam a condução de água.

Atualmente, a preocupação com a eficiência dos canais se volta para a automação de comportas, com regulação de abertura e fechamento, bem como para o uso de sensores de nível hidrométrico que ajustam sob demanda a vazão exata, evitando o transbordamento e o descarte de água excedente no final dos canais.

Reservatórios *off-stream*: aspectos constitutivos e segurança hídrica e operacional

Os reservatórios *off-stream* representam uma das estratégias de engenharia mais vitais para a resiliência hídrica moderna, especialmente em regiões com regimes de chuva irregulares.

Ao contrário das barragens tradicionais – que interrompem o curso de um rio –, as estruturas *off-stream* são reservatórios concebidos fora do leito do rio. Nesse caso, a água é bombeada do rio principal ou poço apenas em períodos de cheia (respeitando a vazão ecológica), ficando armazenada nesses reservatórios artificiais revestidos.

Trata-se de uma espécie de “banco de poupança hídrica”, capaz de reduzir o risco de colapso de abastecimento em secas severas. Portanto, o uso de reservatórios *off-stream* diminui drasticamente os riscos de intervenções ambientais e os sinistros de en-

genharia (como grandes rompimentos por cheias catastróficas), sendo uma opção eficaz e sustentável.

Projetos sustentáveis de segurança hídrica de águas tratadas e de reúso da Cagece

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece) é referência nacional em gestão de escassez hídrica devido ao histórico climático do semiárido cearense. Portanto, os projetos sustentáveis de segurança hídrica da companhia focam em soluções de vanguarda, atuando no momento de fechamento do ciclo da água.

Assim, a Cagece foca na resiliência do sistema de distribuição urbano, com o uso de macromedicação e distritalização de redes para controle de pressão e para combate energético a vazamentos ocultos, garantindo que a água potável chegue aos usuários com o menor índice de perda possível.

A grande inovação sustentável está nos projetos de reúso industrial em larga escala, como os voltados para o hub de hidrogênio verde (H2V) do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Em vez de utilizar água potável em processos industriais ou de resfriamento, a Cagece direciona o esgoto tratado em nível terciário para essas indústrias, reservando os mananciais de água potável exclusivamente para o consumo humano, o que cria uma matriz de segurança hídrica circular robusta.

Considerações finais

Os debates promovidos na mesa-redonda deixaram evidente que a preservação dos sistemas hidráulicos e a segurança hídrica não dependem de uma única solução isolada, mas sim da convergência estratégica entre engenharia, tecnologia e sustentabilidade.

A modernização tecnológica na infraestrutura básica – seja na impermeabilização e automação de canais de irrigação ou no controle rígido de perdas nas redes urbanas – é o primeiro passo para estancar o desperdício crônico. Complementarmente, a inovação em engenharia com estruturas de armazenamento *off-stream* garante resiliência e estabilidade operacional diante de cenários de incerteza climática. Por fim, o modelo de vanguarda da Cagece consolida essa visão sustentável do uso da água ao transformar o reúso industrial e a economia circular da água em pilares obrigatórios para o desenvolvimento econômico.

Proteger nossos sistemas hidráulicos, portanto, migrou de uma visão puramente operacional de reparos para uma agenda de gestão inteligente e com foco na preservação de ativos. Conclui-se que o futuro do setor exige uma postura proativa, em que cada gota economizada, armazenada ou reutilizada fortalece a segurança hídrica nacional e global e viabiliza a sustentabilidade das próximas gerações.



Foto: Wenderson Araújo/Trilux/Banco CMA/Senar.

**Soluções inteligentes
para empresas que
procuram o melhor em
eficiência elétrica.**



A Athos Service atua há mais de uma década em comissionamentos, montagens eletromecânicas, startups e eficiência energética, unindo experiência, tecnologia e sustentabilidade para entregar qualidade e excelência em cada projeto.

Infraestrutura de alta e média tensão

Instalações de Estação de Bombeamento

Instalação de Inversores de Frequência

Atuação em energia alternativa

Consultoria especializada

Transformadores de até 230kv

Sistema BESS de energia

Oportunidade de Investimento

Mais que serviços, entregamos confiança.

REPRESENTAÇÃO EUROPEIA

Serviço Internacional Athos

A Athos Service International é a representação europeia da Athos Service Ltda. , com sede em Amsterdã, Holanda , criada para conectar parceiros e investidores internacionais com projetos e serviços desenvolvidos e executados pela Athos Service no Brasil



athosservice.com.br

Fortaleza - CE • contato@athosservice.com.br



Investimentos públicos e privados para expansão da irrigação

*Bernhard Leisler Kiep (palestrante), João Ricardo Raiser (palestrante) e
Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima (moderador e relator)*

Panorama atual

Os investimentos públicos e privados destinados à expansão da irrigação no Brasil têm importância estratégica para a segurança alimentar, a geração de renda no campo e o desenvolvimento regional sustentável, especialmente nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro. Para debater esse tema, foram reunidos nesta mesa-redonda do 34º Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem (Conird) representantes do setor privado da indústria, do sistema de gestão de recursos hídricos e do Poder Público estadual, promovendo um diálogo plural e multidimensional sobre os desafios e as oportunidades para o avanço da irrigação no país.

Visão da indústria de equipamentos e relacionamento institucional

Bernhard L. Kiep, representando a Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (CSEI/Abimaq), apresentou a perspectiva da indústria nacional de equipamentos agrícolas e a sua contribuição para a modernização da irrigação no Brasil. Em sua exposição, destacou que o setor industrial tem realizado investimentos crescentes em tecnologia, automação e eficiência hídrica, com o objetivo de oferecer soluções mais acessíveis e produtivas ao agricultor irrigante.

Kiep ressaltou que a relação entre indústria e políticas públicas de irrigação precisa ser fortalecida, com mecanismos que estimulem o crédito ao agricultor para aquisição de equipamentos modernos. Além disso, defendeu a necessidade de uma interlocução institucional mais dinâmica entre setor privado, governo federal e instituições financeiras para viabilizar o acesso de pequenos e médios produtores às tecnologias de irrigação disponíveis no mercado nacional.

Foram também abordadas as barreiras regulatórias e tributárias que oneram a cadeia produtiva de equipamentos, além da importância de programas de capacitação técnica para o uso correto e eficiente dos sistemas de irrigação por parte dos produtores rurais.

Interlocução do governo com os comitês de bacias hidrográficas

João Ricardo Raiser, presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba), discorreu sobre o papel dos comitês como instâncias descentralizadas e participativas na gestão dos recursos hídricos e sobre os mecanismos de diálogo entre esses colegiados e os órgãos governamentais responsáveis pela política de irrigação.

Raiser enfatizou que a expansão da irrigação de forma sustentável depende de uma governança eficiente das águas, que leve em consideração os múltiplos usos dos manan-

ciais e os conflitos existentes entre os diferentes usuários. Nesse aspecto, destacou a importância dos planos de recursos hídricos de bacia como instrumentos de planejamento territorial para orientar os investimentos em irrigação segundo a disponibilidade hídrica real de cada região.

O palestrante também chamou atenção para a necessidade de serem aprimorados os sistemas de outorga e de monitoramento do uso da água na irrigação, visando a garantir que a expansão da área irrigada não comprometa a disponibilidade hídrica para as futuras gerações. Ainda, defendeu que o Poder Público, ao planejar novos projetos de irrigação, dialogue com os comitês de bacia desde a fase inicial de sua concepção, a fim de evitar conflitos e assegurar a legitimidade social das iniciativas.

Ademais, o palestrante apresentou a experiência do projeto Laboratório Móvel de Irrigação (LMI), implementado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba como uma iniciativa voltada à integração entre avaliação técnica de sistemas irrigados, apoio direto aos usuários e instrumentos de gestão de recursos hídricos em escala de bacia hidrográfica, buscando aproximar o conhecimento técnico da tomada de decisão, conectando a atuação dos diversos atores envolvidos. Raiser fez um resumo da concepção, da estrutura operacional, da metodologia de atuação e dos resultados preliminares do LMI a partir da sistematização dos dados gerados pelas avaliações técnicas realizadas em propriedades irrigadas situadas em áreas críticas dos estados de Goiás e Minas Gerais e do Distrito Federal.

Os resultados obtidos pelo LMI demonstraram que as principais falhas dos sistemas

de irrigação são de natureza operacional, hidráulica e de distribuição de água, associadas, em grande medida, à ausência de monitoramento sistemático, a deficiências de manutenção e a inadequações operacionais. A análise dos indicadores de desempenho aponta para a existência de um significativo potencial de melhoria da eficiência hídrica e energética dos sistemas avaliados, indicando que as perdas observadas podem ser evitadas por meio de ajustes operacionais, da adoção de rotinas de manutenção e do fortalecimento da capacitação técnica dos irrigantes.

Assim, o LMI se apresenta como um instrumento de aproximação entre usuários e sistema de gestão de recursos hídricos. O modelo proposto é uma ferramenta estratégica para o avanço da segurança hídrica, para a promoção do uso eficiente da água e para o fortalecimento das políticas públicas voltadas à agricultura irrigada.

A experiência do Ceará em recursos hídricos e irrigação

Sílvio Carlos Ribeiro Vieira Lima também contribuiu para a discussão da mesa-redonda com uma exposição sobre a experiência do Ceará em gestão de recursos hídricos e agricultura irrigada, compartilhando os aprendizados e as inovações implementadas no estado ao longo das últimas décadas. O Ceará é reconhecido nacionalmente por ter desenvolvido um dos sistemas de gestão de águas mais avançados do Brasil, com destaque para a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (Cogerh), a Fundação Ceará de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

O moderador da mesa-redonda destacou iniciativas exitosas de irrigação no estado, como os polos irrigados da Serra da Ibiapaba, que demonstram a viabilidade econômica e social da agricultura irrigada mesmo em contexto de escassez hídrica. Também apresentou a estratégia cearense de combinar investimentos públicos em infraestrutura hídrica com programas de capacitação técnica e acesso a mercados para os agricultores irrigantes.

Por fim, ressaltou a importância dos programas de certificação em boas práticas de irrigação como meio de qualificação da cadeia produtiva, mencionando a parceria entre Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid) e o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) na construção de um programa nacional de certificação que possa ser replicado em diferentes polos irrigados do país.

Considerações finais

Ao final da mesa-redonda, foram consolidadas as seguintes constatações e recomendações de encaminhamento das questões geradas no debate sobre os investimentos públicos e privados para a expansão da agricultura irrigada no país:

- Ampliar as linhas de crédito voltadas à irrigação, com foco em pequenos e médios produtores, facilitando o acesso à tecnologia e aos equipamentos modernos;
- Fortalecer a articulação institucional entre governo federal, estadual, comitês de bacia e setor privado, de modo a integrar planejamento hídrico e política agrícola;
- Garantir que a expansão da irrigação seja conduzida de forma sustentável, respeitando os limites de disponibilidade hídrica e os instrumentos de gestão das bacias hidrográficas;
- Valorizar experiências estaduais bem-sucedidas, como a do Ceará, as quais servem de modelos a serem replicados em outros estados;
- Investir em capacitação técnica e em programas de certificação que qualifiquem os agricultores irrigantes e agreguem valor à sua produção; e
- Simplificar marcos regulatórios e licenciamentos ambientais para agilizar a implementação de projetos de irrigação de base familiar e empresarial.

TECNOLOGIA E EXECUÇÃO PARA A FRONTEIRA DA AGRICULTURA BRASILEIRA.

Do diagnóstico ao piloto e à escala, transformamos tecnologia em execução para gerar mais previsibilidade, eficiência e rentabilidade sustentável.



Soluções agrotecnológicas para o presente e o futuro do agro.

Aprender antes de Investir

Validamos projetos em campo para reduzir riscos e aumentar a segurança do investimento.

Eficiência em nutrição e recursos

Soluções integradas para otimizar solo, nutrição, recursos e custos de produção.

Genética Avaliada para o Trópico

Seleção de híbridos adaptados ao clima tropical, com resistência e alta produtividade.

Gestão da Água e Dados

Sensores e dados para otimizar o uso da água e aumentar a eficiência da produção.

Engenharia para todos os portes

Projetos de cultivo protegido adaptados a diferentes investimentos e objetivos.

Capacitação que fica

Treinamos equipes para operar com autonomia e aplicar o conhecimento no campo.

Não entregamos apenas relatórios. Entregamos sistemas funcionando, pessoas treinadas e resultados mensuráveis.

cnagrotechsolutions.com.br

Fortaleza - CE • executive@cnagrotechsolutions.com.br



Fernando Braz Tangerino Hernandez
Luís Fernando de Souza Magno Campeche



Foto: banco de imagens Magnific.

Resumo

O presente artigo analisa o potencial da cultura do cacau (*Theobroma cacao*) como alternativa estratégica para o Noroeste Paulista, com foco no sistema de cultivo tecnificado a pleno sol e irrigado. Através da análise de dados agrometeorológicos da região de Populina-SP, demonstra-se que, embora a temperatura mínima não represente um risco impeditivo, o déficit hídrico prolongado (média de 96 dias sem chuva) torna a irrigação um fator indispensável para a viabilidade do negócio. São discutidos os diferentes sistemas de irrigação (gotejamento e pivô central), os custos de investimento e a rentabilidade, destacando oportunidades que vão desde a produção de amêndoas premium e turismo rural para pequenos produtores até projetos de larga escala para grandes investidores.

Palavras-chave: *Theobroma cacao*; irrigação; Noroeste Paulista; evapotranspiração; viabilidade econômica.

The climate in the Northwest of São Paulo state and cacao as a cultivation option

Abstract

This article analyzes the potential of cocoa (*Theobroma cacao*) cultivation as a strategic alternative for the Northwest region of São Paulo, Brazil, focusing on high-tech, full-sun, irrigated systems. Analysis of agrometeorological data from the Populina-SP region shows that although minimum temperatures do not pose a prohibitive risk, the prolonged water deficit (an average of 96 days without rain) makes irrigation essential for business viability. Different irrigation systems (drip and center pivot), investment costs, and profitability are discussed, highlighting opportunities ranging from premium cocoa beans and rural tourism for small farmers to large-scale projects for major investors.

Keywords: *Theobroma cacao*; irrigation; Northwest São Paulo state; evapotranspiration; economic viability.

1 Introdução

O cacau atravessa um momento de ressurgimento no Brasil, deixando de ser apenas uma cultura de sistemas agroflorestais tradicionais para se tornar uma oportunidade estratégica de investimento em novas fronteiras agrícolas, como pode ser observado no Noroeste Paulista. Impulsionada pela inovação tecnológica e pela demanda global crescente, a cultura exige um novo olhar sobre o manejo hídrico em regiões com elevadas taxas de evapotranspiração.

1.1 O cacau como oportunidade de negócio

O cacau (*Theobroma cacao*) é uma cultura de importância estratégica global. Tradicionalmente cultivado sob sistemas agroflorestais (cabruca e floresta amazônica), é a matéria-prima fundamental para a indústria chocolateira. Outrora conhecido como o “manjar dos deuses”, por séculos, o cacau tem sido fundamental para a identidade agrícola do Brasil. Hoje, após um período de profunda crise, o cacau brasileiro está ressurgindo não apenas como produtor de matéria-prima, mas como oportunidade estratégica de investimento, impulsionada pela inovação tecnológica, por ativos ambientais únicos e por uma posição crescente no mercado global de valor agregado, sendo uma cultura sustentável tanto em pequenas como em grandes áreas.

Além do chocolate, subprodutos como a polpa são usados em sucos e sorvetes, enquanto as sementes fornecem licor e manteiga para as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. O Brasil, que já foi o segundo maior produtor global de cacau na década de 1980, hoje ocupa a 6ª posição no ranking mundial, com cerca de 190 mil toneladas/

ano (correspondendo a 4% da produção global). No passado, a produção nacional avançava, antes da crise causada pela doença conhecida como vassoura-de-bruxa. No Brasil, o setor representa um valor gerado de aproximadamente R\$ 23 bilhões anuais, envolvendo uma cadeia produtiva de mais de 120 mil pessoas. Portanto, é uma commodity de relevância econômica expressiva (ICCO, [2026]).

Em regiões úmidas, o cacau passa por uma revolução tecnológica e também experimenta a migração para regiões não tradicionais (como o Cerrado, o semiárido e o Noroeste Paulista). A adoção de sistemas de cultivo a pleno sol e irrigado e o uso de clones e de espaçamentos adequados transformaram o cacau em uma commodity de alto rendimento. Por sua vez, o Noroeste Paulista registra as maiores taxas de evapotranspiração do estado de São Paulo, com um inverno ameno. Assim, pequenos a grandes produtores de tal região podem ter no cultivo de cacau mais uma opção econômica, com a possibilidade de associação com o turismo rural, cada vez mais procurado.

A proposta central de investimento no setor cacauzeiro se baseia em uma confluência única de fatores: no caso do Brasil, há uma diversidade incomparável de recursos genéticos, além do conhecimento institucional de um órgão de pesquisa de classe mundial – a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira do Ministério da Agricultura e Pecuária (Ceplac/Mapa) – e de uma variedade de biomas adequados para o cultivo. Essa combinação cria um terreno fértil para que os investidores capitalizem a produção em oportunidades distintas, desde plantações de alto rendimento e tecnologicamente avançadas até a produção de cacau premium e de origem única, para nichos de mercado internacional.

Para o produtor irrigante, o cacau representa uma alternativa robusta de diversificação, com alta liquidez e demanda global crescente, impulsionada pelo déficit de oferta nos países africanos. O uso da irrigação, aliado à fertirrigação, permite atingir tetos produtivos até então impensáveis no manejo convencional. Assim, este artigo traz informações sobre a cultura cacauzeira em todos os biomas e apresenta as oportunidades e os desafios do cultivo irrigado de cacau, com ênfase na viabilidade técnica e econômica dos sistemas intensivos de produção e nas condições climáticas da região do Noroeste Paulista, apresentando-as em detalhes para a tomada de decisão do produtor de alimentos.

2 Panorama de mercado

O mercado global de cacau encontra sua produção concentrada na África Ocidental; no entanto, atualmente, enfrenta um déficit estrutural de oferta, o que tem elevado os preços internacionais e aberto janelas de oportunidade para produtores latino-americanos. O Brasil, com seu potencial de expansão e parque industrial robusto, busca retomar o protagonismo mundial através de sistemas intensivos de produção.

2.1 Produção mundial e déficit de oferta

A produção global de cacau é altamente concentrada. O continente africano, liderado pela Costa do Marfim e por Gana, domina a oferta mundial, representando quase 3/4 do volume global (ICCO, [2026]). Do ponto de vista estratégico, essa concentração geográfica cria uma fragilidade significativa na cadeia de suprimentos e na volatilidade de preços.

Em contraste, os produtores latino-americanos estão conquistando uma vantagem competitiva por meio de tecnologias e práticas agronômicas superiores, com produtores regionais importantes, como Equador, Brasil e Peru. Peru e Equador, em particular, lideram o mundo em produtividade média, atingindo 938 kg/ha e 622 kg/ha, respectivamente (ICCO, [2026]). Esses números são o resultado direto de programas nacionais robustos, focados na transferência de tecnologia e na renovação de plantações com clones altamente produtivos e resistentes a doenças.

A produção global na safra 2023/2024 foi de aproximadamente 4,4 milhões de toneladas, o que representa uma queda de 13% em relação à safra anterior devido a problemas climáticos e doenças na África. Segundo as projeções da safra 2024/2025 (ICCO, [2026]), os principais países produtores são Costa do Marfim (1,9 milhão de toneladas), Gana (600 mil toneladas), Equador (480 mil toneladas), Camarões (320 mil toneladas), Nigéria (350 mil toneladas) e Brasil (200 mil toneladas). A Figura 1 ilustra o posicionamento geográfico desses países.

Atualmente, a produção mundial de cacau enfrenta um momento crítico na África Ocidental (Costa do Marfim e Gana) – responsável por cerca de 70% da oferta global –, sofrendo com desafios estruturais severos, como lavouras envelhecidas, doenças, mudanças climáticas, preço pago ao produtor abaixo de mercado, concorrência com mineração, entre outros fatores. Esse cenário gerou um déficit global e preços recordes nas bolsas de Nova York e Londres em 2024 e 2025, criando uma janela de oportunidade única para o Brasil se consolidar como fornecedor seguro e tecnificado no mercado global.

Figura 1 – Mapa mundial de produção de cacau



Fonte: Boschiero (2025).

2.2 O Brasil no mercado global

O papel do Brasil no mercado global de cacau é marcado por ascensão, queda e, agora, ressurgimento. Na década de 1980, o país era o segundo maior produtor mundial de cacau, o que serve de testemunho de sua proeza agrícola. No entanto, o período entre 1987 e 2003 trouxe uma grave crise, a qual foi acompanhada de baixos preços internacionais, da alta inflação doméstica e da chegada devastadora da vassoura-de-bruxa (*Moniliophthora perniciosa*). Tal crise paralisou o setor cacaujeiro e seu impacto foi catastrófico: a produção no estado da Bahia,

por exemplo, despencou de 397 mil toneladas para menos de 96 mil toneladas. Estima-se que 250 mil empregos rurais foram perdidos (Vidal, 2025).

Atualmente, o Brasil ocupa a 6ª posição no ranking mundial, sendo responsável por cerca de 4% da produção global. No cenário nacional, a produção é liderada pelos estados do Pará e da Bahia, que, juntos, respondem por cerca de 93% do cacau brasileiro (cf. Tabela 1). A área atual cultivada é de aproximadamente 700 mil ha, sendo estimado um potencial de expansão de outros 500 mil ha.



Tabela 1 – Principais estados produtores de cacau

Estado	Participação na produção nacional (2023)	Rendimento médio (kg/ha)
Pará	52,76%	967
Bahia	40,28%	285
Espírito Santo	4,79%	771

Fonte: Itaú BBA (2025).

Portanto, pode-se afirmar que o Brasil tem uma posição relevante no cenário global, não somente por ocupar a 6ª posição na produção mundial, mas, principalmente, pelo seu potencial de expansão com produção a pleno sol, ocupando novos solos e com uso dos diferentes sistemas de irrigação para a adequada segurança hídrica e para a sustentabilidade do negócio de produzir cacau. A associação de técnicas e tecnologias modernas – como o uso da quimigação, notadamente a fertirrigação, e o uso racional da água no manejo da irrigação – é um fator relevante para o potencial de expansão do setor cacauzeiro. Ainda, considerando o consumo interno, diferentemente dos países da África, o Brasil possui um parque industrial moageiro robusto e ocioso, capaz de absorver aumentos significativos na produção doméstica, sem necessidade imediata de exportação.

Logo, a tendência do cenário nacional é a busca da autossuficiência como meta de curto prazo, seguida pela exportação de cacau fino e de origem sustentável, capaz de competir em mercados internacionais.

3 Sistemas de produção: o novo paradigma

A expansão da cacauicultura moderna esbarra nas dificuldades tradicionais da produção agrícola, como logística, setor fundiário e pressão de doenças – no caso, como a vassoura-de-bruxa. A solução encontrada para esse cenário é a cacauicultura de precisão em novas fronteiras agrícolas. O Quadro 1 apresenta uma comparação de características entre o cultivo tradicional, o cultivo em sistema agroflorestal (SAF) e o cultivo em sistema tecnificado (cultivo a pleno sol, intensivo).



Quadro 1 – Comparação de características entre o sistema de cultivo tradicional, agroflorestal e a pleno sol

Característica	Sistema de cabruca (tradicional)	Sistema agroflorestal (SAF)	Sistema a pleno sol (intensivo)
Ambiente	Sob árvores nativas da Mata Atlântica/Amazônia	Consórcio planejado (cacau + frutíferas/ essências)	Áreas abertas sem sombreamento significativo
Densidade de plantas	400 a 600	800 a 1.000	1.200 a 1.600
Produtividade média (kg/ha/ano)	300 a 500	800 a 1.500	1.500 a 3.000
Uso de Insumos	Baixíssimo (dependência de processos naturais)	Moderado e equilibrado	Alto (fertilizantes, defensivos e irrigação)
Irrigação	Não necessária	Complementar	Obrigatória
Tecnologia	Muito difícil (terreno e árvores nativas)	Parcial (mecanização de pequena escala)	Alta (adaptado à mecanização e à fertirrigação)
Retorno econômico	8 a 12 anos	6 a 9 anos	6 a 7 anos
Investimento inicial	Baixo (média de R\$ 15 a 25mil/ha)	Médio (35 a 50 mil/ha)	Elevado (130 a 150 mil/ha)
Principais regiões	Sul da Bahia	Amazônia, Bahia, Pará	Cerrado, Minas Gerais, Noroeste Paulista, semiárido
Rentabilidade (R\$/ha/ano)	8 a 15 mil	20 a 35 mil	40 a 70 mil

Fonte: adaptado de Ceplac (2024) e Itaú BBA (2025).

4 O clima no Noroeste Paulista

De acordo com o Instituto de Economia Agrícola da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo (IEA/APTA/SAA-SP), o agronegócio paulista exportou aproximadamente US\$ 26,7 bilhões em 2025 (40,5% de todas as exportações nacionais) e manteve a liderança como o maior exportador do agronegócio brasileiro (Angelo; Oliveira; Ghobril, 2025).

Apesar de seu potencial de expansão, o cacau ainda não é listado entre as produções expressivas do estado. Especialmente no

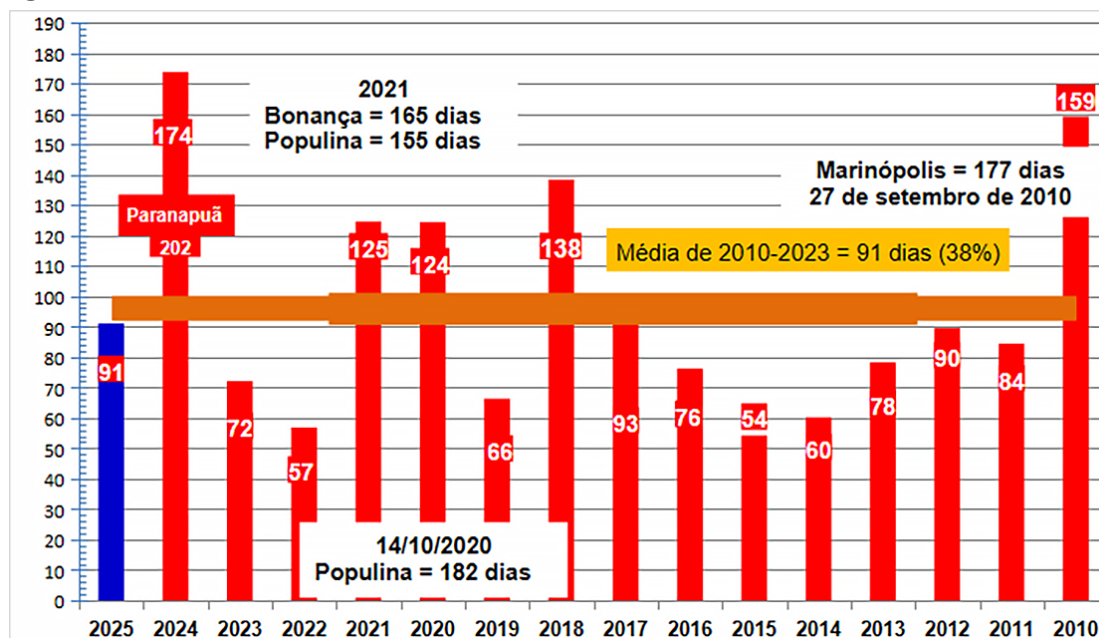
Noroeste Paulista, a produção cacauzeira ganha relevância e entendimento da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo através do programa Cacau SP, operacionalizado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), exatamente pela região apresentar as condições climáticas adequadas para a produção, devido às elevadas taxas de evapotranspiração e ao inverno ameno, condições que aproximam a produtividade real da produtividade potencial.

Entretanto, a irregularidade das chuvas impõe a necessidade de investimentos em sis-

temas de irrigação, e investir em sistemas de irrigação exige planejamento, não sendo, portanto, uma ação de motivação instantânea, mesmo diante de uma seca recorrente e, ainda, diante da irregularidade das chuvas.

Em 2024, no Noroeste Paulista, foram contabilizados 174 dias seguidos sem chuvas, elevando de 91 para 96 dias consecutivos sem chuva como média da região, que é produtora expressiva de citros (cf. Figura 2).

Figura 2 – Dias consecutivos sem chuva (> 10 mm) no Noroeste Paulista, de 2010 a 2025



Fonte: Canal Clima da Unesp (2026).

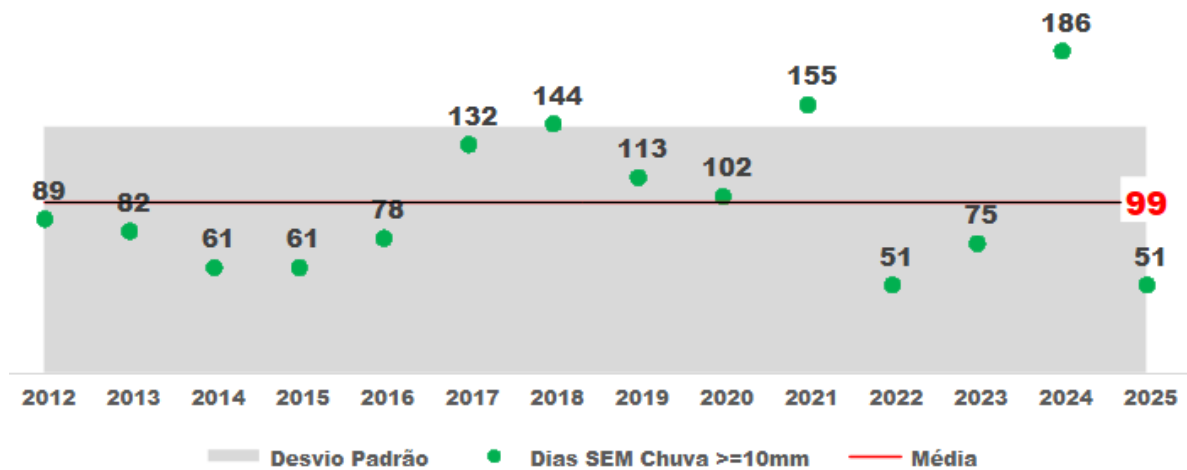
Na cacauicultura moderna, isto é, tecnificada e profissionalizada, os novos plantios devem ser adequadamente planejados para serem iniciados junto com os sistemas de irrigação, sendo esta a única via realista para reduzir custos de produção por unidade produzida, visando a garantir a produtividade próxima da potencial por meio do manejo adequado da irrigação, pela segurança hídrica das plantas e pelo uso de técnicas como fertirrigação.

Antes mesmo da aquisição das mudas, há que se convencer o produtor de alimentos a investir em irrigação, enfatizando também a importância da percepção da realidade em relação à disponibilidade hídrica, considerando o uso racional da água, as condições edafoclimáticas e os recursos financeiros. Nesse sentido, não há outro caminho para a

sustentabilidade da produção de alimentos a não ser investir em sistemas de irrigação.

Este artigo utiliza os dados compilados da estação agrometeorológica de Populina-SP, situada às margens do rio Grande e participante da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (RANP), que tem no Canal Clima (<http://clima.feis.unesp.br>) da Universidade Estadual Paulista (Unesp) sua organização sistemática de dados. Tais dados são representativos da região do Noroeste Paulista para evidenciar a viabilidade técnica e econômica da produção de cacau, desde que alicerçada em sistema de irrigação. Na Figura 3, confirma-se o potencial da produção de cacau, em comparação à região, com os 96 dias médios em Populina-SP sem registro de chuva igual ou inferior a 10 mm.

Figura 3 – Dias consecutivos sem chuva igual ou superior a 10 mm em Populina-SP, de 2012 a 2025



Fonte: Canal Clima da Unesp (2026).

As condições climáticas extremas exigem ações para mitigação das mudanças climáticas, o que torna imperativo reduzir as causas dos problemas enfrentados pelo setor agropecuário, os quais reduzem a produtividade, e evitar seu agravamento – no caso da agricultura, o investimento em sistemas de irrigação bem projetados e monitorados se apresenta como uma solução sustentável para o enfrentamento da crise climática. Além disso, são necessárias ações de resiliência, valendo-se do conhecimento agrônomo e tecnológico para o bom funcionamento dos sistemas de irrigação implantados, para, assim, o setor enfrentar os desafios, adaptar-se às novas realidades e recuperar o meio ambiente sem causar prejuízos, gerando um futuro mais forte, produtivo e sustentável.

Assim, este artigo esclarece os elementos climáticos envolvidos na configuração do sistema de irrigação e no uso dos recursos tecnológicos e técnicos ligados a ele, transformando dados em informações e ações que levem ao entendimento de que existe potencial para a cultura do cacau no Noro-

este Paulista, focalizando a análise na região de Populina-SP.

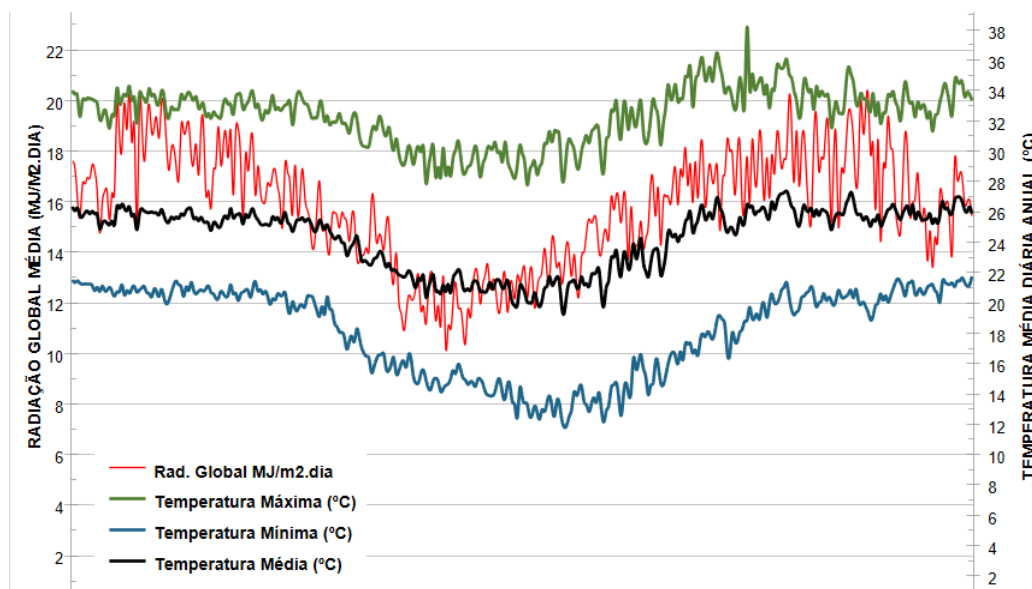
Considerando os aspectos meteorológicos, o risco de baixas temperaturas é baixo, conforme pode ser observado na Tabela 2 e na Figura 4, que ilustram o comportamento dessa variável ao longo do tempo. Observa-se uma média histórica de $24,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, com mínima de $18,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e máxima de $32,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. A temperatura basal inferior do cacau é de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (limitante, com redução de crescimento), enquanto a temperatura basal superior é de $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. Entretanto, o crescimento e o desenvolvimento da cultura ocorrem de forma mais eficiente em temperaturas médias entre $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo temperaturas inferiores a $18\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ limitantes ao seu desenvolvimento (Posse et al., 2018). A radiação global média diária histórica anual em Populina-SP é de $15,8\text{ MJ m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$; no período de maior déficit hídrico, entre junho e setembro, é de $14,5\text{ MJ m}^{-2}\text{ dia}^{-1}$. Quando com irrigação, superando o déficit hídrico, o cacau pode continuar se desenvolvendo, face à diminuição da radiação incidente de apenas 8%.

Tabela 2 – Temperaturas médias, mínimas e máximas mensais em Populina-SP, de 2011 a 2026

Mês/ Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	Média
Jan.	-	19,9	21,2	20,4	21,2	22,1	20,9	21,1	21,3	19,6	21,4	-	-	-	21,7	20,8	21,0
Fev.	-	20,6	20,7	20,5	21,1	21,8	21,1	20,4	21,4	18,5	20,0	-	-	-	21,4	21,5	20,6
Mar.	-	19,9	20,8	20,2	20,4	21,0	20,9	21,6	20,8	18,4	20,3	-	20,9	-	21,1	20,5	20,4
Abr.	-	19,0	17,7	20,0	19,6	18,2	18,9	18,6	19,7	17,1	16,7	-	18,8	-	20,0	19,5	18,5
Mai	-	15,8	15,5	14,1	16,8	15,0	18,0	14,6	17,0	13,7	15,1	-	14,3	-	15,7	16,2	15,5
Jun.	12,0	15,5	17,1	14,4	15,3	13,6	14,1	15,0	14,2	16,1	15,2	-	12,4	-	13,8		14,8
Jul.	14,1	12,0	12,7	13,8	15,8	11,9	12,2	12,9	11,9	14,7	11,4	-	13,4	-	14,9		13,0
Ago.	14,6	15,9	12,5	14,1	14,5	13,6	14,7	14,1	15,5	15,0	15,5	-	15,7	-	15,0		14,5
Set.	17,4	17,0	16,9	18,2	18,0	14,8	16,8	16,7	18,6	19,4	18,5	-	18,7	-	17,3		17,5
Out.	20,0	20,3	19,3	18,6	20,7	18,3	19,4	20,8	20,4	20,9	21,5	-	23,2	22,1	19,2		20,0
Nov.	18,6	20,5	20,3	20,2	21,3	20,0	20,0	20,9	20,6	20,1	-	-	21,0	21,5	19,0		20,2
Dez.	20,5	21,5	21,1	21,2	21,6	20,9	21,2	20,8	19,1	21,6	18,1	-	-	22,0	21,7		20,7
Média	-	18,2	18,0	18,0	18,9	17,6	18,2	18,1	18,4	17,9	17,6	-	17,6	21,9	18,4		18,1
Máx.	-	21,5	21,2	21,2	21,6	22,1	21,2	21,6	21,4	21,6	21,5	-	23,2	22,1	21,7		21,0
Mín.	-	12,0	12,5	13,8	14,5	11,9	12,2	12,9	11,9	13,7	11,4	-	12,4	21,5	13,8		13,0

Fonte: Canal Clima da Unesp (2026).

Figura 4 – Temperaturas e radiação global médias diárias históricas em Populina-SP, de 2011 a 2026

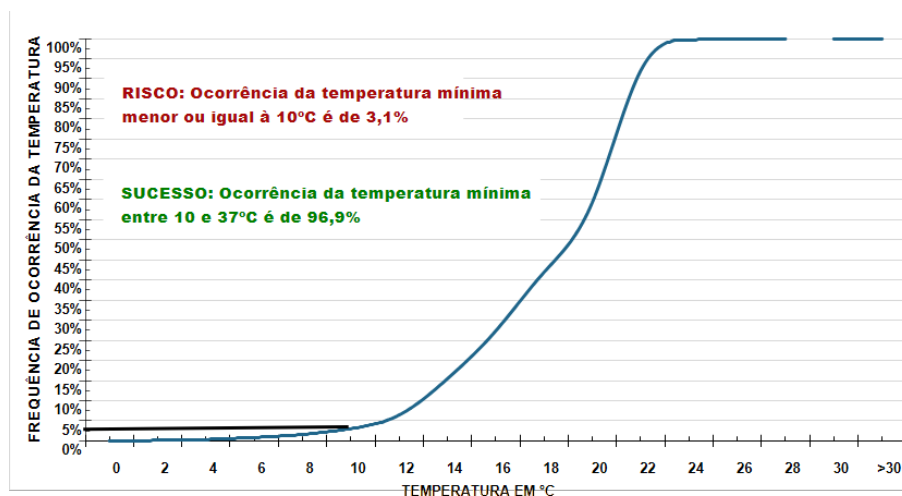


Fonte: Canal Clima da Unesp (2026).

Assumindo que os sistemas de irrigação trarão segurança hídrica e que a temperatura mínima é a principal preocupação de risco climático, e considerando que, em termos médios, não há nenhum dia do ano com temperatura abaixo dos 10 °C, para medir o risco que o produtor irá correr, faz-se a distribuição de frequência da temperatura

mínima ao longo da história registrada, que está ilustrada na Figura 5. Percebe-se que, até o momento, em apenas 3,1% dos dias de monitoramento climático (15 anos) foram registradas temperaturas dessa magnitude. Entre 10 °C e 37 °C, considera-se a temperatura ótima para a cultura, condição essa que ocorre em 96,9% do tempo.

Figura 5 – Distribuição acumulada de frequência da temperatura mínima em Populina-SP, de 2011 a 2026



Fonte: Canal Clima da Unesp (2026).

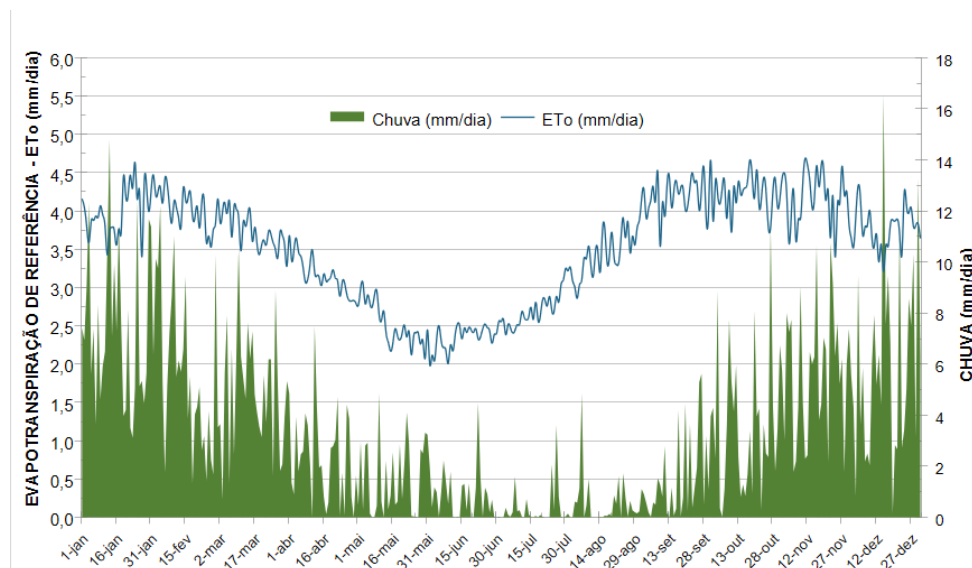
Detalhando mais ainda o risco de temperaturas extremas mínimas na cultura do cacau na região do Noroeste Paulista, desde 11 de junho de 2011, em apenas 21 dias (0,9%), a 2 m da estação agrometeorológica, foram registrados valores inferiores a 6 °C, quando o dossel das plantas estará de 3 °C a 4 °C (queima das folhas). Em apenas 10 dias (0,4%) foram registradas temperaturas inferiores a 4 °C (1 °C a 3 °C no dossel, com danos severos à brotação). E em apenas seis dias (0,1%) se registrou temperatura do ar igual ou inferior a 2 °C (dossel com temperatura negativa, com possibilidade de morte de tecidos), caracterizando um risco mínimo dessa variável para o cultivo, sendo, portanto, o déficit hídrico o principal limitante.

Afastado o risco de as temperaturas mínimas inviabilizarem a sustentabilidade da produção de cacau na região, passa-se a considerar, então, o sistema de irrigação. Para tanto, é imperativo levar em conta as demais variáveis climáticas, como a chuva e a sua distribuição, a temperatura, a umidade relativa, a radiação global e a velocidade do vento.

Juntas, essas variáveis permitirão estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) pela equação de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) – reconhecida como a mais precisa atualmente –, que, junto com a evapotranspiração da cultura (ET_c), será a base do conhecimento para o sucesso do planejamento e do uso do sistema de irrigação.

Em média, são 96 dias consecutivos sem chuva igual ou superior a 10 mm no Noroeste Paulista (com média anual de 1.146 mm). Populina-SP tem média histórica de chuva de 1.227 mm anual (sendo dezembro o mês mais chuvoso; julho e agosto, os mais secos; e com média de 99 dias consecutivos sem chuva – cf. Figura 6) e evapotranspiração de referência (ET_o) média anual de 3,5 mm/dia, com menor taxa em junho (2,3 mm/dia) e maior em setembro, outubro e novembro (4,2 mm/dia). Uma curiosidade: dos 5.455 dias registrados, não choveu em 50 deles nesse período, sendo 16 dias em julho, 12 em agosto, 10 em junho, 6 em maio, 3 em setembro, 2 em abril e 1 em outubro.

Figura 6 – Média diária da evapotranspiração de referência e da chuva em Populina-SP, de 2011 a 2026



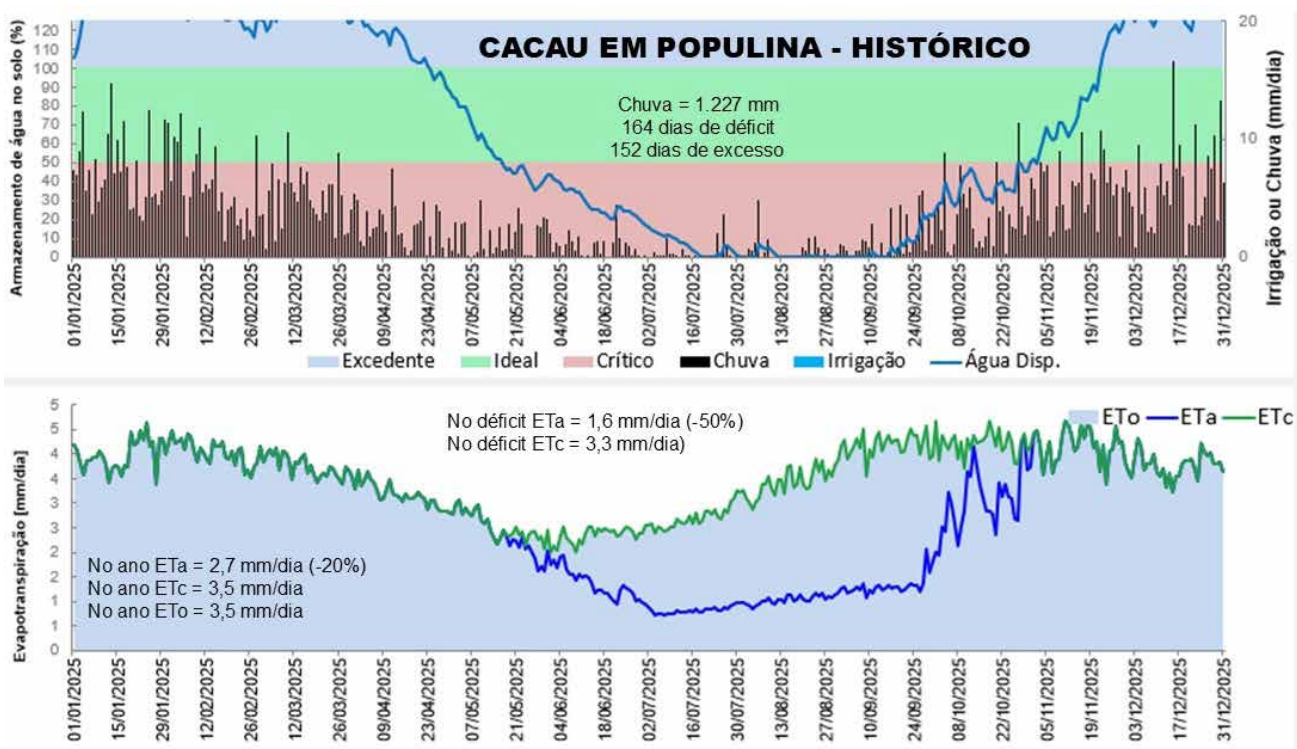
Fonte: Canal Clima da Unesp (2026).

Quando se combinam os valores médios diários e médios históricos das chuvas e da evapotranspiração no balanço hídrico (cf. Figura 7), percebem-se com clareza a quantidade de dias do cultivo de cacau adulto com déficit hídrico (164 dias) e a redução da evapotranspiração atual (ETa) em 20% ao longo do ano e em 50% nos dias de déficit. Portanto, verifica-se a necessidade de investimento em sistemas de irrigação para a sustentabilidade da atividade. Ainda que a soma anual da chuva e da ETc se assemelha, a distribuição da chuva historicamente produz um dé-

ficit hídrico de junho ao começo de outubro, que, sob sequeiro, não garante a sustentabilidade da produção do cacau na região.

Nesse caso, usou-se o coeficiente de cultura (Kc) de 1,0 para se compor a evapotranspiração da cultura (ETc) – portanto, igual à ETo – e se considerou o fator de consumo de 50% para um argissolo (CAD = 1,0 mm/cm, profundidade efetiva do sistema radicular de 60 cm) – o qual é predominante na região – como crítico para se calcular a evapotranspiração atual (ETa).

Figura 7 – Balanço hídrico diário calculado com evapotranspiração da cultura e da chuva média histórica em Populina-SP, de janeiro a dezembro de 2025



Fonte: Canal Clima da Unesp (2026).

5 O sistema de irrigação

Uma vez que o produtor esteja convencido de que o investimento em sistema de irrigação é o que garante a sustentabilidade do investimento na produção do cacau, passa-se ao passo seguinte, isto é, a configuração do sistema de irrigação, desde a escolha do sistema até a sua capacidade de entregar água às plantas, repondo as perdas por evapotranspiração. Somente o uso dos sistemas de irrigação tem a capacidade de mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas e trazer resiliência para o cultivo, considerando as condições climáticas favoráveis (radiação, temperatura e evapotranspiração), ainda que de intenso e extenso déficit hídrico. Aqui, importa menos o sistema de irrigação, e sim o que ele pode fazer pela sustentabilidade da produção do cacaueiro.

Ao investir em irrigação, a única via realista para evitar o período de seca – nesse contexto, definido como número de dias acima da média histórica, isto é, de 96 dias –, o qual

correspondeu a 43% dos dias dos últimos anos (cf. Figuras 2 e 3), escolhem-se o sistema e a configuração de irrigação, que devem ser baseados em análise da evapotranspiração e em avaliação econômica para a definição da lâmina de projeto. Assim, a capacidade real de entrega de água é o que permite versatilidade aos projetos, levando-se em conta as condições climáticas e financeiras para a irrigação.

Tradicionalmente, os sistemas de irrigação são classificados por métodos (o modo como a água chega até as raízes) e por sistemas (as variações dos métodos); para a cultura do cacau, a irrigação localizada e a irrigação por aspersão são os métodos mais populares. Na irrigação localizada, os sistemas de gotejamento e a microaspersão são adequados; na irrigação por aspersão, e considerando áreas superiores a 20 ha, a opção econômica recai sobre o sistema de pivô central (cf. Figura 8). É de se notar que ambos os métodos permitem a fertirrigação.

Figura 8 – Cultura do cacau irrigada por pivô central



Fonte: acervo dos autores.



Nas condições do Noroeste Paulista, se a opção for pelo gotejamento, considerando a predominância dos argissolos, recomenda-se que ou seja utilizada a linha dupla, ou seja preparado hidraulicamente o sistema, para que, com o crescimento da planta, seja incorporada a segunda linha, garantindo estabilidade e eficiência na formação do amplo bulbo molhado. Nesse caso, deve-se dar atenção à escolha da vazão do gotejador e ao espaçamento entre eles, atentando-se para a necessidade de se ter o maior bulbo molhado possível.

O cacaueiro é sensível ao déficit hídrico, que causa fechamento estomático e queda de produção, uma vez que é uma cultura muito influenciada pelas altas temperaturas e pela baixa umidade relativa do ar. Assim, para áreas maiores, e considerando a arquitetura das plantas, o uso de pivô central é uma opção que garante a uniformidade da irrigação, com a aplicação precisa de lâmina. Apesar do alto custo financeiro de investimento, a implantação em grandes áreas se faz em menor tempo, além de a automação e o controle remotos da irrigação serem possíveis.

Assim como a irrigação localizada, em sistemas de pivô central, é desejável que se pratique a fertirrigação, porque o cacaueiro demanda nutrição constante – pode-se, por exemplo, parcelar a adubação (nitrogênio, potássio, cálcio, boro) conforme a fenologia da planta, aumentando a eficiência do uso de nutrientes e da água. No balanço de energia, se há condições para intensa evapotranspiração, a planta não esquenta, condicionando o microclima. Nesse sentido, a irrigação ajuda a reduzir a temperatura foliar e aumentar a umidade relativa dentro do dossel em regiões muito quentes e secas, reduzindo o estresse térmico (“escaldadura”).

A escolha pelo método de irrigação muitas vezes passa pela preferência do irrigante

e pela sua disponibilidade de investimento (despesa de capital, ou *capital expenditure*), havendo, portanto, variações em função do sistema escolhido, o que envolve sua capacidade de entregar água, as distâncias entre o ponto de captação e a área irrigada, o espaçamento (no caso de irrigação localizada), além da concepção do projeto (layout e lâmina de projeto) e da qualidade dos materiais utilizados.

Na avaliação que se faz do investimento em um sistema de irrigação, muitos pensam apenas no preço, muitas vezes encarado como custo, quando, na verdade, trata-se de um investimento que deverá durar anos. Assim, a escolha de um sistema de irrigação, uma vez equalizadas as diferentes propostas, deve ser feita em uma análise conjunta de vários fatores, considerando desde os aspectos do projeto (bom ou adequado projeto, relação entre investimento e custeio, respeito às bases hidráulicas), a assistência técnica, a garantia, a idoneidade da revenda, a qualidade, a tecnologia e a solidez da empresa fabricante, até, finalmente, o preço. O que caracteriza um bom ou adequado projeto de irrigação é a sua capacidade de entregar ou repor as perdas por evapotranspiração com uniformidade, com CUC superior a 85%, além de ser composto por bons materiais e ter boa montagem.

De maneira geral, um projeto de irrigação por gotejamento pode ter uma grande variação em função do espaçamento e a consorciação com outra cultura – o que, no caso da cacauicultura do Noroeste Paulista, é prática comum na região. Assim, os investimentos podem variar desde R\$ 20 mil até R\$ 35 mil por hectare, por exemplo, a depender também do nível de automação.

Já o sistema de pivô central é fortemente influenciado pela área irrigada, dada a sua característica circular; como referência, em regime de *turn key* (“chave na mão”, em tradução livre), os equipamentos da ordem de 70 hectares, com vão livre de 4 m, exigem investimentos entre R\$ 15 mil a R\$ 18 mil por hectare, por exemplo, enquanto que pivôs centrais com vão livre de 6 m exigem investimentos entre R\$ 17 mil e R\$ 22 mil por hectare.

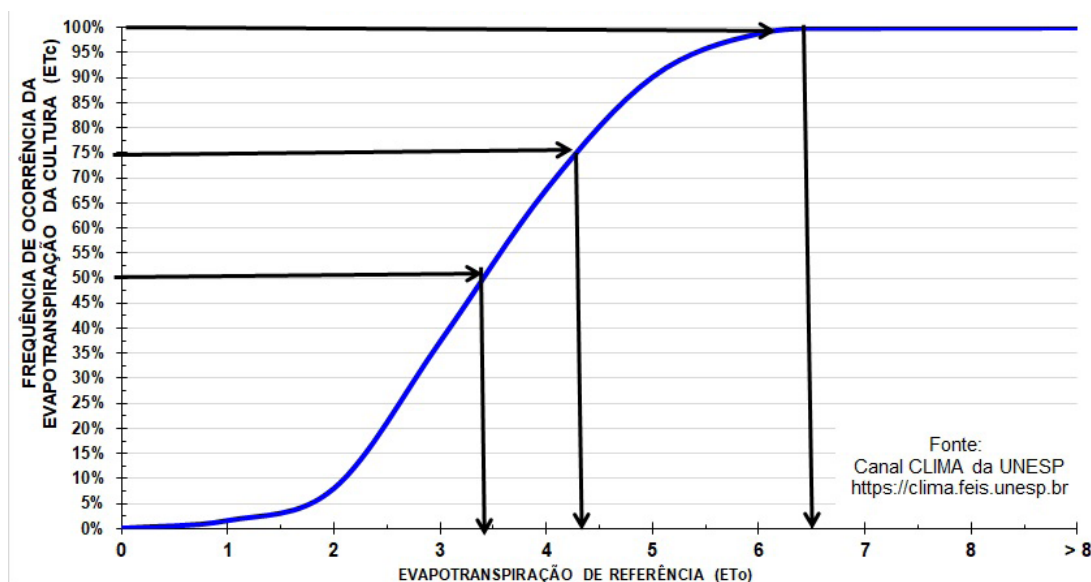
Os valores apresentados consideram a configuração do pivô central com emissores rotativos de alta performance, mas, especialmente em solos de característica arenosa, a exemplo do uso em café, deve ser considerada a configuração *low energy precision application* (LEPA – “aplicação de precisão de baixa energia”, em tradução livre), desenvolvida para maximizar a eficiência da irrigação e reduzir perdas por evaporação e deriva do vento. No sistema convencional, os emissores ficam acima da cultura e lançam água no ar (85% de eficiência de aplicação), enquanto que, no LEPA, os tubos de descida (“pendurais”) ficam muito próximos ao solo, geralmente entre 20 cm e 60 cm de altura, e a água é aplicada por bocais tipo *bubbler* ou aplicadores de baixa pressão, reduzindo as perdas por evaporação, o consumo de energia e a influência do vento.

Uma vez definidos o método e o sistema de irrigação, passa-se a decidir qual a lâmina de projeto, ou seja, a capacidade de atender as demandas evapotranspirativas da cultura. Quanto maior a lâmina de projeto, maior o investimento, menor o custo energético por kWh e maior a versatilidade do sistema de irrigação.

Há dois critérios para se definir a lâmina de projeto: o critério agrônomo, que busca atender a evapotranspiração da cultura, sendo que uma base histórica de dados da ETo permite o registro da frequência com que ocorre a ETc – que, no caso do cacau, com $Kc = 1,0$, são semelhantes; e o critério econômico: quando se contrapõem os valores de despesas de capital e operacionais (*operational expenditure*), sob tarifa de energia única, é mundialmente aceito que o projeto de irrigação deva atender a 75% da demanda da cultura. Nas condições apresentadas na Figura 9, 4,3 mm/dia líquidos seriam suficientes, com lâminas brutas de 4,5 mm/dia para gotejamento (95% de eficiência) e 5,4 mm/dia para pivô central (85% de eficiência), sendo estas as menores lâminas de projeto aceitáveis do ponto de vista agrônomo.

Contudo, no Brasil, as tarifas de energia são compostas por quatro classes (normal; diferenciada; de pico; e por demanda), o que induz, do ponto de vista econômico, à decisão por lâminas de projeto maiores, a fim de aproveitar as vantagens da tarifa diferenciada noturna. Naturalmente, essa modalidade tarifária traz também mais segurança à operação dos sistemas, notadamente à recuperação do armazenamento de água no solo, quando da eventual necessidade de manutenção do sistema ou da falta de energia durante a temporada de irrigação. Entretanto, diante desse cenário, o alerta é de que, na maioria dos sistemas da região do Noroeste Paulista, o ponto ótimo econômico (encontro das despesas de capital com as operacionais) raramente passa dos 8,0 mm/dia, e lâminas maiores de projeto – ou com capacidade operacional maior que esse valor – só aumentam a segurança na reposição da água ao solo.

Figura 9 – Distribuição de frequência acumulada da evapotranspiração da cultura em Populina-SP, de 2011 a 2026



Fonte: Canal Clima da Unesp (2026).

Quando o irrigante, conhecedor dos elementos climáticos, da fisiologia da planta e suas demandas evapotranspirativas (ET_c), da capacidade do sistema de irrigação e do sistema tarifário, consegue, com o manejo adequado da irrigação, superar as expectativas de resultados de produção, alcançam-se produtividades crescentes e redução do custo energético operacional, traduzido pelo valor em reais por kWh aplicado. Isso se faz por meio da compreensão da importância de aumentar a participação do consumo na tarifa diferenciada, de entender a demanda hídrica e energética da cultura e de ter o efetivo controle diário do armazenamento de água no solo, com melhor aproveitamento da água da chuva para “encher o tanque” através do manejo da irrigação. Tal feito pode ser conquistado por meio do conhecimento exato da evapotranspiração de referência e das chuvas na área de cultivo irrigada.

Assim, o produtor da cacauicultura irrigada se protege de eventuais preços baixos, pela

elevação da produtividade e da qualidade de sua produção.

6 Custos e rentabilidade

Atualmente, o cacau vive um momento singular. Com o crescimento do consumo mundial de chocolate, a busca por produtos de origem conhecida, a valorização dos chocolates premium e a necessidade de ampliar a produção em áreas tecnificadas, cria-se um ambiente extremamente favorável para novos investimentos na cultura. Quando associado à irrigação, o cacaueteiro ganha estabilidade produtiva, maior potencial de rendimento e redução dos efeitos dos eventos climáticos adversos, tornando-se uma excelente oportunidade para produtores de diferentes perfis.

Para o pequeno produtor, o cacau representa muito mais do que a venda de amêndoas. Ele permite a construção de uma cadeia de valor dentro da própria propriedade, trans-

formando uma atividade agrícola em uma experiência gastronômica, cultural e turística. A irrigação proporciona regularidade na produção e maior segurança para o fornecimento de matéria-prima de qualidade. Com um volume consistente de amêndoas, o produtor pode avançar para etapas de fermentação controlada, secagem diferenciada e fabricação artesanal de chocolates finos. Nesse modelo, a propriedade deixa de comercializar apenas uma commodity agrícola e passa a vender um produto de alto valor agregado, com identidade própria e história e origem definidas.

O turismo rural amplia ainda mais esse potencial. Os visitantes podem conhecer o cultivo do cacau, acompanhar a colheita, entender os processos de fermentação e secagem, participar de degustações e adquirir chocolates produzidos na própria fazenda. A experiência “da árvore à barra” desperta grande interesse do público urbano, especialmente em regiões próximas a grandes centros consumidores. Além de aumentar a rentabilidade por hectare, esse modelo gera diversificação das fontes de renda, maior permanência das famílias no campo, promoção de empregos locais, fortalecimento da marca regional, desenvolvimento de produtos artesanais exclusivos e integração entre agricultura, gastronomia, educação e turismo. Em vez de vender apenas amêndoas, o pequeno produtor passa a comercializar experiência e qualidade.

Para o grande produtor, o cacau irrigado surge como uma alternativa altamente promissora de diversificação agrícola. A irrigação permite reduzir a dependência das chuvas, garantindo o desenvolvimento adequado das plantas durante períodos críticos e proporcionando maior uniformidade de produ-

ção, melhor pegamento de flores e frutos, menor estresse hídrico, incremento da produtividade e melhor qualidade das amêndoas. No entanto, é necessária a atenção na escolha e na configuração do sistema de irrigação em função do clone: o cacau CCN 51, por exemplo, por seu elevado vigor e seu hábito ereto, exige, no caso de sistema de irrigação por pivô central, especial atenção na configuração do vão livre; por sua vez, o cacau PS 1319 se destaca pelo seu crescimento lateral, exigindo especial atenção na escolha do espaçamento e da mecanização.

Áreas irrigadas e tecnificadas apresentam potencial para produtividades significativamente superiores às médias tradicionais do país, especialmente quando associadas ao uso de materiais genéticos modernos, fertirrigação e manejo profissional. Em produtividades acima de 2 mil kg/ha, o *payback* (“retorno financeiro”, em tradução livre) ocorre, em média, entre o 5º e 6º ano, com valor presente líquido atrativo, se comparado a culturas anuais tradicionais em anos de commodity baixa. O custo de implantação pode chegar a R\$ 150 mil por hectare (em cultivos a pleno sol, incluindo sistema de irrigação, mudas clonais, preparo e correção de solo), sendo o custo operacional diluído pela alta produtividade.

Atualmente, os projetos em andamento chegam a 15 mil ha em implantação no sistema de cultivo a pleno sol, com investimentos estimados em R\$ 2 bilhões e possibilidade de geração potencial de novos 40 mil toneladas de amêndoa por ano. Assim, o setor cacauero tem chamado a atenção de grandes investidores, e a expectativa é a redução de importações em até 100%, uma vez que são estimados projetos de viabilidade variando entre US\$ 3,5 mil (conserva-

dor) a US\$ 6 mil (otimista) por tonelada de amêndoa de cacau.

Outro aspecto relevante é o crescimento da demanda por cacau rastreável, sustentável e produzido com padrões de qualidade elevados. Grandes produtores têm capacidade para atender mercados nacionais e internacionais que exigem regularidade de fornecimento e certificações socioambientais. Além disso, o cacau pode ser integrado a sistemas agroflorestais ou a áreas já irrigadas, aproveitando a infraestrutura existente e aumentando a rentabilidade da propriedade ao longo do tempo.

7 Considerações finais

O cultivo irrigado de cacau representa uma oportunidade estratégica para o agronegócio brasileiro, combinando alta rentabilidade com sustentabilidade ambiental. O sistema de produção a pleno sol com irrigação demonstra viabilidade técnica e econômica, com retornos atrativos a longo prazo. O mercado mundial de chocolate premium cresce continuamente, impulsionado por consumidores que valorizam origem, qualidade, sustentabilidade e experiências gastronômicas diferenciadas. Ao mesmo tempo, a produção global enfrenta desafios climáticos em importantes regiões produtoras, aumentando o interesse por novas fronteiras agrícolas tecnificadas.

Nesse contexto, o cacau irrigado reúne características raras em uma única cultura, como mercado em crescimento, alto valor agregado, possibilidade de industrialização na propriedade, potencial turístico, demanda crescente por produtos de origem controlada, boa adaptação a sistemas sustentáveis e elevada rentabilidade por área, quando bem manejado.

Para o pequeno produtor, o cacau irrigado pode ser a porta de entrada para o universo dos chocolates finos e do turismo rural. Para o grande produtor, representa uma oportunidade estratégica de produzir em escala uma cultura de alto valor e com crescente relevância no mercado global. Em ambos os casos, trata-se de uma atividade capaz de unir tecnologia, sustentabilidade, renda e conexão direta com um consumidor cada vez mais interessado na história por trás de cada chocolate. O momento atual de preços no mercado internacional, somado às vantagens competitivas do Brasil em termos de sustentabilidade, cria uma janela de oportunidade única para investimentos no setor, com a curva futura indicando que as cotações devem permanecer elevadas até 2027 devido aos baixos estoques globais, que são os menores desde 1977.

Irrigar é necessário para a sustentabilidade do negócio de produzir alimentos, mitigando as questões ligadas ao clima, pois água e fertilizantes são fatores que podem levar à produtividade potencial. Para alcançá-la, são necessárias ações aplicadas ao solo, à planta, à escolha e à configuração do sistema de irrigação, que nunca devem ser negligenciadas. Sistemas de irrigação têm o potencial de transformar pessoas, propriedades e regiões inteiras por assegurar segurança hídrica; e o conhecimento agrônomo é fundamental para essa efetiva transformação.



PODCAST

Escute o podcast sobre esse assunto em:

<https://tinyurl.com/yckx52un>

Referências

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://tinyurl.com/muwcnuv4>. Acesso em: 4 jul. 2026.

ANGELO, J. A.; OLIVEIRA, M. D. M.; GHOBIL, C. N. Balança comercial dos agronegócios paulista e brasileiro, primeiro semestre de 2025. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 20, n. 7, p. 1-19, jul. 2025. Disponível em: <https://tinyurl.com/ykk8z64e>. Acesso em: 6 jun. 2026.

BOSCHIERO, B. N. Maiores produtores de cacau do mundo: África Ocidental se destaca. **Blog Agroadvance**, [s. l.], 14 nov. 2025. Disponível em: <https://tinyurl.com/55wn34kd>. Acesso em: 7 jul. 2026.

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. **Diretrizes para o cultivo do cacau a pleno sol e irrigado**. Brasília: Mapa, 2024. Disponível em: <https://tinyurl.com/4ntsfsjx>. Acesso em: 4 maio 2026.

ICCO – International Cocoa Organization. **Annual report 2024-2025**. [S. l.]: ICCO, [2026]. Disponível em: <https://tinyurl.com/28apsvvr>. Acesso em: 25 jun. 2026.

ITAÚ BBA. **O mercado de cacau: consultoria agro**. [São Paulo]: Radar Agro/Itaú BBA, jul. 2025. Disponível em: <https://tinyurl.com/ytez8nf8>. Acesso em: 8 jul. 2026.

POSSE, R. P.; VALANI, F.; SOUZA, C. A. S.; POSSE, S. C. P.; SALES, R. A. de; OLIVEIRA, E. C. de; QUARTEZANI, W. Z.; LEITE, M. C. T. Basal temperature and thermal constant for the production of cacao tree seedlings. **Journal of Experimental Agriculture International**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 1-16, 2018. Disponível em: <https://tinyurl.com/2khuvefx>. Acesso em: 4 jul. 2026.

VIDAL, M. de F. Cacau. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 10, n. 389, p. 1-17, jun. 2025. Disponível em: <https://tinyurl.com/3kmc6vnr>. Acesso em: 8 jul. 2026.



Foto: Valéria Gedanken.

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

TRAT. RESÍDUOS



AUTOMAÇÃO

ENERGIA SOLAR



CONECTIVIDADE



PÓS VENDAS



GESTÃO HÍDRICA

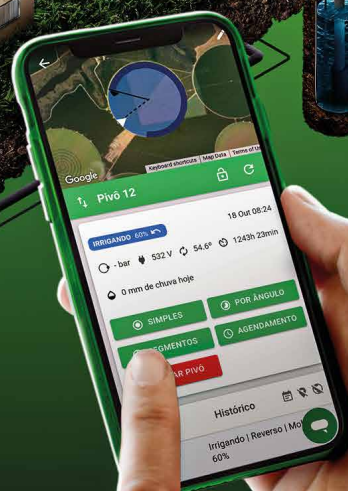
SEGURANÇA



ACESSÓRIOS



PROJETOS



Derblai Casaroli
José Alves Júnior

Resumo

O desequilíbrio climático é uma consequência do aquecimento global, o qual se refere ao aumento da temperatura média do planeta, promovido pelo aumento das concentrações de gases de efeito estufa e ocasionado principalmente pela ação antropogênica. Esse aquecimento eleva a linha de base térmica, tornando eventos climáticos extremos mais frequentes e intensos. Entre esses, os extremos de calor e de seca agem de forma concomitante sobre a agricultura mundial, ocasionando quebras de produtividade de determinados produtos agrícolas. As ondas de calor têm relevante papel nesse contexto, pois, além de promoverem o estresse térmico, também intensificam o estresse hídrico. Em resposta a essa situação, a irrigação se mostra eficiente para mitigar os estresses térmico e hídrico. Dessa forma, esse trabalho objetivou conceituar ondas de calor, definir os mecanismos de sua formação, identificar suas ocorrências, bem como demonstrar seus efeitos na agricultura, além de verificar o papel da irrigação como um fator mitigador dos estresses térmico e hídrico.

Palavras-chave: mudança climática; calor extremo; resfriamento do dossel.

Irrigation as a mitigation strategy for heatwaves in agricultural systems: a review

Abstract

Climate imbalance is a consequence of global warming, which refers to the increase in the planet's average temperature, driven by rising concentrations of greenhouse gases, primarily due to anthropogenic activities. This warming elevates the thermal baseline, making climate extreme events more frequent and intense. Among these, heat and drought extremes act concurrently on global agriculture, leading to yield losses in various crops. Heat waves play a significant role in this context, as they not only induce thermal stress, but also intensify water stress. In response to this situation, irrigation proves to be efficient in mitigating thermal and water stress. Therefore, this study aimed to conceptualize heat waves, define the mechanisms underlying their formation, identify their occurrence, and demonstrate their impacts on agriculture, as well as to evaluate the role of irrigation as a mitigating factor against thermal and water stress.

Keywords: climate change; extreme heat; canopy-cooling.

O presente artigo é uma versão modificada do artigo publicado em 2025, no número 3 do periódico AgroUFG News, que se encontra disponível em: <https://tinyurl.com/3khnxdxj>.

1 Introdução

O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera tem ocasionado uma mudança climática global (Soeder, 2021), claramente comprovada pelo fenômeno do aquecimento global, o qual denota um aumento das temperaturas médias da terra (Dias; Matos, 2023). Essa condição desencadeia os eventos climáticos extremos, os quais incluem ondas de calor, ondas de frio, inundações, precipitações pluviais intensas, secas, tornados e ciclones tropicais, entre outros (Tabari, 2020).

Um extremo climático se caracteriza pela persistência de um evento fora do padrão climático por dias ou semanas. Ao reduzir a variabilidade, cria-se uma situação que vai se mantendo e intensificando até caracterizar o evento climático extremo (Dias, 2014).

Contudo, como o clima varia regionalmente, a definição de um evento climático ou meteorológico extremo e seus limites variam de um local para outro. A definição também depende da infraestrutura de cada país e, na maioria dos países, do ciclo sazonal. Sendo assim, um valor extremo de um determinado elemento climático em um local pode estar dentro da faixa normal em outro local. Há também razões práticas, além de razões naturais e geográficas, para as diferentes definições, pois um dado setor social pode exigir limites específicos para a tomada de decisão. É o caso, por exemplo, da definição de ondas de calor, que, por sua vez, podem estar vinculadas a um sistema de alerta de calor, por serem potencialmente danosas à saúde humana.

Nessa perspectiva, os sistemas agrícolas estão entre os mais vulneráveis à mudança climática (Raza *et al.*, 2019). O aumento previsto na frequência de secas, chuvas torrenciais e altas temperaturas, bem como na de outros estresses abióticos (como a salinidade do solo e a contaminação por metais pesados), será também acompanhado por um aumento na ocorrência de pragas e doenças, tendo como consequência o aumento do risco de fome (Dhankher; Foyer, 2018). Além disso, os cenários futuros de aquecimento global mostram um aumento significativo da insegurança alimentar, tanto em termos de gravidade quanto de extensão (O'Neill *et al.*, 2022).

Em áreas agrícolas, a mudança climática vem aumentando a severidade das ondas de calor e das secas (Vecellio *et al.*, 2023), bem como da variabilidade das chuvas, promovendo chuvas intensas ou o aumento do déficit hídrico. As plantas cultivadas sofrem tanto pelo calor excessivo quanto pela falta de água, os quais provocam os estresses térmico e hídrico, respectivamente, que nada mais são do que a resposta (fisiológica, metabólica, biométrica, molecular e produtiva) das plantas cultivadas naquelas condições ambientais (Barbosa *et al.*, 2023; Teodoro, 2025; Ulisses, 2016).

Dessa forma, destaca-se a importância da irrigação na mitigação da seca e do estresse térmico para uma agricultura sustentável.

2 Ondas de calor: definições e mecanismos

A circulação atmosférica associada às ondas de calor tem sido amplamente estudada, estando estas relacionadas a sistemas anticiclônicos quase-estacionários, caracterizados por um longo período de subsidência (fenômeno meteorológico em que uma massa de ar desce em direção à superfície terrestre) de massas de ar, produzindo estresse

térmico (Cerne; Vera, 2010; Pezza; Rensch; Cai, 2012). Esses anticiclones promovem a advecção (transporte horizontal de ar quente das regiões tropicais para outras áreas, como zonas temperadas ou subtropicais) de ar quente e úmido de latitudes tropicais (Cerne; Vera, 2010), produzindo anomalias positivas de temperatura na região afetada, anomalias essas que persistem por alguns dias consecutivos, levando a eventos climáticos prolongados e extremos (Rusticucci; Vargas, 1995).

Uma onda de calor é um fenômeno meteorológico generalizado, que resulta no aumento de riscos à saúde humana (incluindo a mortalidade), perdas agrícolas, incêndios florestais e cortes de energia, entre outros fatores. Por definição, uma onda de calor é o “aquecimento acentuado do ar, ou a invasão de ar muito quente, em uma grande área, podendo ter uma duração de alguns dias até algumas semanas” (WMO, 2015, p. 2, tradução nossa). Ainda, segundo o glossário do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022, p. 2897, tradução nossa), uma onda de calor é “um período quente, com temperaturas anormais, frequentemente definido com referência a um limiar de temperatura relativa, com duração de dois dias ou até meses”.

A Organização Meteorológica Mundial definiu as ondas de calor como “um período de tempo quente incomum e acentuado (temperatura máxima, mínima e média diária) em uma região, persistindo por pelo menos três dias consecutivos, com temperaturas acima dos limites climatológicos, durante o período quente do ano” (WMO, 2016 *apud* Valverde; Rosa, 2023, tradução nossa). O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) segue o conceito da Organização Meteorológica Mundial, o qual considera: “uma onda de calor é caracterizada quando as temperaturas máximas diárias sejam iguais

ou ultrapassam em 5 °C a média mensal por no mínimo cinco dias consecutivos. Além disso, essas condições devem abranger uma área ampla” (Inmet, 2025).

Vale destacar que há limitações nessas definições, pois a variação da temperatura em relação à normal climatológica (média histórica de qualquer elemento climático obtida por um período igual ou superior a 30 anos de observação) pode não ser necessariamente decorrente de uma onda de calor, a depender da região estudada. Além disso, a duração da onda de calor não precisa ser, obrigatoriamente, superior a cinco dias consecutivos (Marques *et al.*, 2024).

Nesse sentido, diversos índices de ondas de calor são frequentemente elaborados para diferentes atividades (e.g., saúde humana, incêndios florestais, agricultura, entre outros). Em um país continental como o Brasil, com uma população altamente diversa e regiões com diferentes características atmosféricas, torna-se importante adotar um índice versátil. Índices baseados em limites absolutos tendem a ser menos adequados para a aplicação em algumas sub-regiões (Perkins; Alexander, 2013). Alternativas aos limites absolutos são os limites baseados em percentis, que definem as ondas de calor como eventos que excedem um limite relativo à área de interesse, e não um limite universal absoluto.

Em particular, esses métodos baseados em percentis permitem uma comparação mais robusta dos resultados entre as diferentes regiões (e.g., brasileiras) e são mais adequados para uso em um contexto de mudança climática. Como exemplo, podem ser citados os índices baseados no percentil 90 das temperaturas máxima (TX90p) e mínima (TN90p). Esses índices já foram utilizados para descrever as ondas de calor sobre a América do Sul (Araújo *et al.*, 2022) e o Bra-

sil (Geirinhas *et al.*, 2018). Assim, Araújo *et al.* (2022) e Geirinhas *et al.* (2018) definiram uma onda de calor como um período de três ou mais dias consecutivos, caracterizado por temperaturas máximas ($T_{\text{máx}}$) e mínimas ($T_{\text{mín}}$) diárias acima do percentil 90 tanto de $T_{\text{máx}}$ (TX90p) quanto de $T_{\text{mín}}$, dentro do calendário climatológico (normal climatológica), calculado em uma janela de 15 dias (centralizada no dia em questão).

As ondas de calor estão associadas a certos mecanismos que contribuem tanto para sua formação quanto para sua manutenção, tais como:

- I. **Sistemas de alta pressão atmosférica:** esses sistemas, também denominados de anticiclônicos estacionários, bloqueiam a passagem de frentes frias, mantêm o ar seco e estável e dificultam a convecção. Esse fenômeno de bloqueio atmosférico é responsável por sustentar condições de aquecimento por vários dias (IPCC, 2022).
- II. **Mudança climática:** o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera intensifica o aquecimento global, contribuindo para o aumento da frequência e da intensidade das ondas de calor. Alguns estudos de atribuição já confirmam a influência antropogênica em ondas de calor (IPCC, 2022).
- III. **Fenômeno El Niño:** mudanças nos padrões de circulação atmosférica podem influenciar a ocorrência de ondas de calor em diferentes regiões brasileiras (IPCC, 2022).
- IV. **Realimentação no sistema solo-atmosfera:** solos secos reduzem a evapotranspiração, deslocando o balanço de energia para o calor sensível. Essa retroalimentação positiva intensifica e prolonga as ondas de calor, particularmente em áreas agrícolas expostas à estiagem (Seneviratne *et al.*, 2010).

V. **Urbanização e ilha de calor:** nas áreas urbanas, a substituição da vegetação por superfícies impermeáveis, associada a menor evapotranspiração e maior armazenamento de calor, amplifica a intensidade e a duração das ondas de calor, afetando, inclusive, áreas periurbanas agrícolas (Oke, 1982).

3 Eventos de ondas de calor

Na literatura, encontram-se relatos de que já foram registrados 191 eventos de ondas de calor sobre a América do Sul entre 1979 e 2019 (Araújo *et al.*, 2022). Ainda, Araújo *et al.* (2022) concluíram que a área mais quente se estende de nordeste a sudoeste da América do Sul central, a qual se destacou por apresentar maiores frequências de episódios intensos de ondas de calor. Além disso, em todo o continente, houve um aumento significativo na intensidade e na persistência das ondas de calor no período avaliado.

No contexto nacional, especialistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) estabeleceram um período de referência (1961-1990) e efetuaram análises segmentadas para três períodos: 1991-2000, 2001-2010 e 2011-2020. Os achados da pesquisa evidenciaram um aumento gradual das anomalias de ondas de calor ao longo dos períodos analisados para quase todo o Brasil, excluindo-se a Região Sul, a metade sul do estado de São Paulo e o sul do Mato Grosso do Sul. No período de referência, o número de dias com ondas de calor não ultrapassava sete. Já para o período de 1991-2000, tal número subiu para 20 dias; entre 2001-2010, atingiu 40 dias; e, de 2011-2020, o número de dias com ondas de calor chegou a 52 (MCTI, 2023).

Outro estudo apresentou distinção nos resultados ao avaliar a evolução dos eventos de onda de calor para o Brasil (utilizando TX90p e TN90p) (Geirinhas *et al.*, 2018).

A referida pesquisa identificou tendências positivas e estatisticamente significativas no aumento da frequência de ondas de calor durante o período de 1981 a 2014, particularmente fortes para as cidades de São Paulo, Recife e Manaus. Além do aquecimento regional induzido pela mudança climática, as tendências positivas identificadas também estão relacionadas aos efeitos de ilha de calor urbana (fenômeno climático em que uma área urbana apresenta temperaturas do ar mais altas do que as áreas rurais circundantes, pois um bolsão de ar quente é formado devido à urbanização) e ao desmatamento. Além disso, o fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) (El Niño e La Niña) e a circulação da brisa marítima também podem desempenhar um papel importante no aumento e/ou enfraquecimento das condições regionais de temperatura. O El Niño e a La Niña são partes acopladas de um mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que ocorre no Oceano Pacífico equatorial (e na atmosfera adjacente). A fase El Niño refere-se ao aquecimento do Oceano Pacífico equatorial (que apresenta maior média histórica) e a fase La Niña refere-se ao resfriamento do referido oceano.

4 Impactos dos extremos climáticos na agricultura

Os extremos de temperatura podem ocasionar estresse térmico nas plantas agrícolas. Esse estresse refere-se ao impacto negativo das temperaturas (mínimas e máximas) no desenvolvimento e no funcionamento das plantas, provocando danos fisiológicos e metabólicos que podem afetar o crescimento, a produção e, em casos extremos, até a sobrevivência das plantas (Taiz *et al.*, 2017). De maneira geral, as culturas respondem de forma diferente ao estresse térmico ao longo de seu ciclo, pois possuem

um intervalo de tolerância. As culturas são particularmente vulneráveis durante a fase reprodutiva; quando esta coincide com altas temperaturas, ocorrem danos significativos. Em gramíneas, a faixa de temperatura crítica tem uma amplitude maior (30-38 °C) em relação às oleaginosas (35-36 °C), indicando que, nessas culturas, a reprodução é particularmente mais sensível a pequenas variações de temperatura (Vara Prasad; Bheemanahalli; Krishna, 2017).

Sabe-se que a agricultura é fortemente afetada por fatores climáticos extremos (Dhankher; Foyer, 2018; O'Neill *et al.*, 2022; Raza *et al.*, 2019). Em geral, a gravidade dos impactos do calor extremo e da seca triplicaram nos últimos 50 anos (IPCC, 2022). Altas temperaturas causam estresse térmico em diversas culturas, com efeitos negativos no crescimento e no desenvolvimento das plantas, variando de acordo com a cultura (Kaushal *et al.*, 2016; Teixeira *et al.*, 2013). O déficit hídrico também é um fator limitante para o crescimento de muitas culturas de sequeiro, podendo afetar negativamente seu desenvolvimento (Trabelsi *et al.*, 2019). As maiores perdas de produtividade induzidas pela seca são observadas em leguminosas e raízes e/ou tubérculos (Daryanto; Wang; Jacinthe, 2017). Além disso, a resposta das culturas a esses estresses depende do estágio de desenvolvimento da planta, sendo os estádios reprodutivos mais sensíveis do que os estádios vegetativos (Daryanto; Wang; Jacinthe, 2017). Em escala global, o estresse térmico desempenha um papel tão importante quanto a seca nas perdas de produtividade das culturas (Zampieri *et al.*, 2017) e impõe um risco crescente à produção agrícola, particularmente em áreas continentais nas latitudes médias e altas do hemisfério norte (Teixeira *et al.*, 2013).

Vale destacar que o aumento da temperatura é reflexo de um aumento de energia (na forma de calor) no ambiente, o qual promo-

ve uma maior evapotranspiração nas áreas cultivadas, ocasionando, assim, secas mais severas e mais prolongadas. Dessa forma, o déficit hídrico é frequentemente associado às ondas de calor ou aos extremos térmicos, podendo elevar os níveis de danos às culturas. Estudo recente sugere que esses dois estressores podem atuar de forma aditiva, visto que as perdas de produtividade são aumentadas quando a seca e as altas temperaturas ocorrem simultaneamente (Sinha *et al.*, 2021). Para culturas de cereais e leguminosas de sequeiro, acredita-se que a principal causa das perdas de produtividade seja o impacto da combinação entre o calor e o déficit hídrico em seus processos reprodutivos (Sinha *et al.*, 2021).

Fiorini *et al.* (2024) fizeram uma revisão sistemática da literatura existente e detectaram padrões regionais de tendências positivas e negativas devido à mudança climática (indutora de extremos climáticos), em que 67% dos estudos avaliados relatam impactos negativos, 15% apontam impactos tanto negativos quanto positivos, 11% apresentam relações neutras e apenas 7% revelam efeitos positivos. Neste referido estudo, os autores detectaram perdas de produtividade para as culturas do feijão-comum (-22%), mandioca (-18%), cacau (-89%), milho (-1%), arroz (-42%) e trigo (-34%). Por outro lado, a castanha-do-pará (15%), o café (3%), a soja (1%) e a cana-de-açúcar (3%) registraram aumento. No mesmo trabalho, alguns autores relatam que a cultura da soja tem seu aumento atribuído à maior concentração de CO₂ na atmosfera (Sakurai *et al.*, 2014) e ao efeito fototérmico (Zanon; Streck; Grassini, 2016). Além disso, apontam que as culturas do milho, do feijão-comum e da mandioca, quando cultivadas no Rio Grande do Norte e em anos mais úmidos, com índices pluviométricos extremos, levam ao aumento da produção, sobretudo na agricultura familiar (Vale *et al.*, 2020).

5 Irrigação para mitigar os extremos climáticos

No contexto de eventos climáticos extremos, particularmente em relação às ondas de calor, a irrigação se mostra uma ferramenta importante para mitigar tanto o estresse hídrico (Anjos *et al.*, 2023) quanto o estresse térmico (Lesk; Rowhani; Ramankutty, 2016) em plantas cultivadas, auxiliando na manutenção da temperatura do solo e da umidade em níveis favoráveis, o que se reflete em um ambiente satisfatório para as plantas. Em estudos realizados na região da planície do norte da China, com dois híbridos de milho (estádio de enchimento de grãos), verificou-se que a taxa de fotossíntese líquida aumentou em 20% e a temperatura do dossel diminuiu de 1 a 3 °C nos tratamentos irrigados sob estresse térmico, em relação ao não irrigado (Wang *et al.*, 2023).

Com isso, é possível manter a evapotranspiração das culturas (Sena *et al.*, 2025), proporcionando trocas gasosas entre as plantas e o ambiente, favorecendo a fotossíntese e inibindo o estresse térmico (Singh *et al.*, 2019), pois a energia do meio se transforma em crescimento, e não calor (menor temperatura foliar) (Singsaas *et al.*, 1999). Além disso, a umidade no solo melhora a absorção de nutrientes pelas raízes das plantas (Eltarabily *et al.*, 2024), garantindo maior tolerância ao estresse térmico e/ou outras injúrias (Lesk; Rowhani; Ramankutty, 2016; Kashyap; Agarwala; Sunkar, 2024).

Um estudo evidenciou os efeitos da temperatura e da precipitação sobre a produtividade da soja na região conhecida como Matopiba (Silva *et al.*, 2023). Essa pesquisa estimou uma redução de 6% na produtividade da soja para cada aumento de 1 °C na temperatura do ar. Com base em observações históricas, as tecnologias agrícolas não

proporcionaram adaptação ao calor extremo, criando uma dependência de investimentos em irrigação. Assim, para mitigar esses impactos negativos, os agricultores do Cerrado estão recorrendo cada vez mais à irrigação, mas se sugere cautela no uso tanto das águas superficiais quanto das subterâneas, a fim de promover sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Richey *et al.*, 2015).

Rattis *et al.* (2021) mostraram que as secas reduzem a produtividade agrícola tanto para os sistemas sequeiros quanto para os irrigados. Durante as secas, a soja (áreas de sequeiro) apresentou perdas na ordem -5 kg ha^{-1} e -26 kg ha^{-1} no Cerrado e no estado do Mato Grosso, respectivamente. Já na segunda safra, o milho sofreu perdas substanciais ($-1.353 \text{ kg ha}^{-1}$ e -892 kg ha^{-1}). Para municípios com alguma irrigação, observou-se que as produtividades de soja foram menores durante as secas, quando comparadas aos municípios sem irrigação, provavelmente porque as regiões com irrigação são geralmente mais secas (Cerrado: -142 kg ha^{-1} ; Mato Grosso: -111 kg ha^{-1}). Assim, a irrigação mitigou as perdas na produção de milho durante as secas, embora mais no Cerrado (perda absoluta de -24 kg ha^{-1}) do que no Mato Grosso (-665 kg ha^{-1}).

Para elucidar a relação entre a temperatura da superfície e a agricultura irrigada, Zhu e Burney (2022) realizaram uma pesquisa com abrangência estadual (municípios do Nebraska, nos Estados Unidos) e concluíram que a irrigação não apenas reduziu o estresse hídrico e térmico, mas também enfraqueceu a resposta da produtividade a esses estresses. Especificamente, o estresse térmico foi significativamente enfraquecido para os processos reprodutivos do milho irrigado. Ainda, a pesquisa sugeriu que irrigação foi responsável pelo alívio do estresse hídrico e da alta temperatura, ocasionando ganhos de produtividade na ordem de $65\% \pm 10\%$ e

$35\% \pm 5,3\%$, respectivamente. Esse estudo também destacou a importância relativa do alívio do estresse de alta temperatura na melhoria da produtividade e a necessidade de simular a temperatura da superfície da cultura para melhor quantificar os efeitos do estresse térmico em modelos de produtividade. Considerando a interação potencialmente forte entre estresse hídrico e térmico, pesquisas futuras sobre os benefícios da irrigação devem explorar os efeitos da interação entre o calor e o alívio da seca.

Outra forma de utilizar a irrigação como um fator mitigador do estresse térmico é aspergir o dossel das plantas. Assim, há um gasto de energia do meio para evaporar a água inserida no dossel das plantas, diminuindo a temperatura daquele microclima (Taiz *et al.*, 2017). O resfriamento do dossel é uma prática agrônômica adotada, principalmente, em situações específicas, como pomares ou pequenas plantações de frutas (Evans, 2004), vinhedos (Caravia *et al.*, 2017) e ambientes controlados (Leyva *et al.*, 2015). Muitas hortaliças cultivadas em campo (isto é, sem cobertura), sobretudo em ambientes temperados, são intensivamente cultivadas durante os meses de primavera e verão, sendo algumas delas suscetíveis ao estresse térmico (Cavauiolo *et al.*, 2017).

Deligios *et al.* (2019), estudando plantas de alcachofra-comum, demonstraram que o sistema de manejo hídrico estabelecido e validado (gotejamento + *canopy-cooling*) afetou significativamente os parâmetros fisiológicos da cultura, a precocidade da colheita, os componentes de rendimento e da produtividade de água. O resfriamento evaporativo (*canopy-cooling*, traduzido livremente como “resfriamento do dossel”) foi feito por irrigação nebulizada, utilizando um sistema de microaspersão com emissores espaçados a cada 5 m e uma vazão de 30 L h^{-1} . Durante o período de aplicação do resfriamen-

to evaporativo (ou seja, o resfriamento do dossel), foram observados o menor valor de temperatura foliar e os maiores valores de fotossíntese, em comparação à irrigação convencional (gotejamento) (+3 °C e -30%, respectivamente). Também foi determinada uma maior produção tanto em termos de produtividade total (+30%) quanto em termos de cabeças colhidas de primeira ordem (mais rentáveis). Em escala agrícola, o tratamento de resfriamento da copa resultou em maior precocidade (35 dias) e maior produção de água (+36%), em comparação com o tratamento convencional. Assim, os resultados mostraram que, ao combinar a prática de resfriamento evaporativo com a técnica de irrigação de precisão, o rendimento das cabeças pode ser otimizado, levando também a uma economia de água (-34%). Além disso, o estudo comprovou que o resfriamento da copa pode ser uma estratégia eficaz para mitigar as mudanças climáticas e as condições de estresse por calor.

6 Considerações finais

As ondas de calor resultam de processos atmosféricos complexos, amplificados por condições de superfície e pelo desequilíbrio climático de origem antrópica. A compreensão dos mecanismos que as geram é fundamental para o planejamento agrícola brasileiro, especialmente em um cenário de aumento de eventos climáticos extremos.

Nesse trabalho, buscou-se destacar dois pontos importantes: primeiro, o estresse térmico impacta negativamente a produtividade das culturas, e esse impacto tem aumentado ao longo do tempo; e, segundo, a irrigação, além de maximizar a produtividade das áreas agrícolas, também compensa parcialmente o impacto negativo do estresse térmico.

Dadas as previsões de aumento da temperatura e de aumento da demanda hídrica, a integração entre monitoramento climático, manejo adaptativo e políticas públicas se torna cada vez mais essencial para reduzir a vulnerabilidade e preservar a competitividade do setor agrícola.



Foto: banco de imagens Magnific.

Referências

- ANJOS, J. C. R. dos; ALVES JÚNIOR, J.; CASAROLI, D.; EVANGELISTA, A. W. P.; PAIXÃO, J. S.; JARDIM, C. C. S.; SILVA, G. C. da; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; BATTISTI, R. Tolerance of sugarcane varieties to different levels of water depletion on soil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 19, n. 6, p. 675-685, 2023. Disponível em: <https://shorturl.at/i4wrF>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- ARAÚJO, G. R. G. de; FRASSONI, A.; SAPUCCI, L. F.; BITENCOURT, D.; BRITO NETO, F. A. de. Climatology of heatwaves in South America identified through ERA5 reanalysis data. **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 9430-9448, 2022. Disponível em: <https://shorturl.at/5ZU5t>. Acesso em: 29 abr. 2026.
- BARBOSA, G. V. V.; FREITAS, T. A. S. de; GAMA, D. C.; RAMOS, Y. C. R. Memória hídrica em sementes: uma revisão de literatura. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 21, n. 2, p. 115-126, 2023. Disponível em: <https://tinyurl.com/3ack2npz>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- CARAVIA, L.; PAGAY, V.; COLLINS, C.; TYERMAN, S. D. Application of sprinkler cooling within the bunch zone during ripening of Cabernet Sauvignon berries to reduce the impact of high temperature. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 23, p. 48-57, 2017. Disponível em: <https://shorturl.at/CT94h>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- CAVAIUOLO, M.; COCCETTA, G.; SPADAFORA, N. D.; MÜLLER, C. T.; ROGERS, H. J.; FERRANTE, A. Gene expression analysis of rocket salad under pre-harvest and postharvest stresses: a transcriptomic resource for *Diplotaxis tenuifolia*. **PLoS One**, v. 12, e0178119, 2017. Disponível em: <https://shorturl.at/xG5E9>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- CERNE, S. B.; VERA, C. S. Influence of the intraseasonal variability on heat waves in subtropical South America. **Climate Dynamics**, v. 36, p. 2265-2277, 2010. Disponível em: <https://tinyurl.com/436e6cr9>. Acesso em: 29 abr. 2026.
- DARYANTO, S.; WANG, L.; JACINTHE, P.-A. Global synthesis of drought effects on cereal, legume, tuber and root crops production: a review. **Agricultural Water Management**, v. 179, p. 18-33, 2017. Disponível em: <https://shorturl.at/yVxw4>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- DELIGIOS, P. A.; CHERGIA, A. P.; SANNA, G.; SOLINAS, S.; TODDE, G.; NARVARTE, L.; LEDDA, L. Climate change adaptation and water saving by innovative irrigation management applied on open field globe artichoke. **Science of the Total Environment**, v. 649, p. 461-472, 2019. Disponível em: <https://shorturl.at/FjnaN>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- DHANKHER, O. P.; FOYER, C. H. Climate resilient crops for improving global food security and safety. **Plant, Cell & Environment**, v. 41, n. 5, p. 877-884, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pce.13207>. Acesso em: 29 abr. 2026.
- DIAS, M. F. da S. Eventos climáticos extremos. **Revista USP**, n. 103, p. 33-40, 2014. Disponível em: <https://shorturl.at/Fsiv9>. Acesso em: 8 maio 2026.
- DIAS, R.; MATOS, F. Impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos: desafios e implicações para a humanidade. **Revista Sociedade Científica**, v. 6, n. 1, p. 1571-1603, 2023. Disponível em: <https://shorturl.at/CoV4P>. Acesso em: 8 maio 2026.
- ELTARABILI, M. G.; MOHAMED, A. Z.; BEGNA, S.; WANG, D.; PUTNAM, D. H.; SCUDIERO, E.; BALI, K. M. Simulated soil water distribution patterns and water use of Alfalfa under different subsurface drip irrigation depths. **Agricultural Water Management**, v. 293, 108693, 2024. Disponível em: <https://shorturl.at/CBqol>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- EVANS, R. G. Energy balance of apples under evaporative cooling. **Transactions of the ASAE**, v. 47, n. 4, p. 1029-1037, 2004. Disponível em: <https://shorturl.at/GByoS>. Acesso em: 30 abr. 2026.
- FIORINI, A. C. O.; ANGELKORTE, G.; BAKMAN, T.; BAPTISTA, L. B.; CRUZ, T.; DIUANA, F. A.; MORAIS, T. N.; RATHMANN, R.; SILVA, F. T. F. da; TAGOMORI, I.; ZANON-ZOTIN, M.; LUCENA, A. F. P.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R.; PORTUGAL-PEREIRA, J.

How climate change is impacting the Brazilian agricultural sector: evidence from a systematic literature review. **Environmental Research Letters**, v. 19, 083001, 2024. Disponível em: <https://shorturl.at/2OZIN>. Acesso em: 30 abr. 2026.

GEIRINHAS, J. L.; TRIGO, R. M.; LIBONATI, R.; COELHO, C. A. S.; PALMEIRA, A. C. Climatic and synoptic characterization of heat waves in Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 4, p. 1760-1776, 2018. Disponível em: <https://shorturl.at/3IAHH>. Acesso em: 29 abr. 2026.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Onda de calor em áreas do Centro-Sul do país persiste até sábado (8). **Portal do Instituto Nacional de Meteorologia**, Brasília, 2025. Notícias. Disponível em: <https://shorturl.at/Ky7IW>. Acesso em: 29 abr. 2026.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 29 abr. 2026.

KASHYAP, S.; AGARWALA, N.; SUNKAR, R. Understanding plant stress memory traits can provide a way for sustainable agriculture. **Plant Science**, v. 340, 111954, 2024. Disponível em: <https://tinyurl.com/2s4m9h4a>. Acesso em: 30 abr. 2026.

KAUSHAL, N.; BHANDARI, K.; SIDDIQUE, K. H. M.; NAYYAR, H. Food crops face rising temperatures: an overview of responses, adaptive mechanisms, and approaches to improve heat tolerance. **Cogent Food & Agriculture**, v. 2, n. 1, 1134380, 2016. Disponível em: <https://shorturl.at/KRsTj>. Acesso em: 30 abr. 2026.

LESK, C.; ROWHANI, P.; RAMANKUTTY, N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. **Nature**, v. 529, p. 84-87, 2016. Disponível em: <https://shorturl.at/82kf1>. Acesso em: 30 abr. 2026.

LEYVA, R.; CONSTÁN-AGUILAR, C.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E.; ROMERO-GÁMEZ, M.; SORIANO,

T. Cooling systems in screenhouses: effect on microclimate, productivity and plant response in a tomato crop. **Biosystems Engineering**, v. 129, p. 100-111, 2015. Disponível em: <https://shorturl.at/MSiif>. Acesso em: 30 abr. 2026.

MARQUES, L. O. do A.; MEIRELES, E.; JORGE, N. L.; ROSA, J. L.; OLIVEIRA, J. P. L. de. Ondas de calor: caracterização, métricas e efeitos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, Tupã, v. 12, n. 86, p. 694-708, 2024. Disponível em: <https://shorturl.at/qDglq>. Acesso em: 29 abr. 2026.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Número de dias com ondas de calor passou de 7 para 52 em 30 anos. **Portal do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação**, [Brasília], 2023. Notícias. Disponível em: <https://shorturl.at/3ZAwk>. Acesso em: 29 abr. 2026.

O'NEILL, B.; AALST, M. van; IBRAHIM, Z. Z.; FORD, L. B.; BHADWL, S.; BUHAUG, H.; DIAZ, D.; FRIELER, K.; GARSCHAGEN, M.; MAGNAN, A.; MIDGLEY, G.; MIRZABAEV, A.; THOMAS, A.; WARREN, R. Key risks across sectors and regions. In: IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2022. p. 2411-2538. Disponível em: <https://tinyurl.com/f26vh4ty>. Acesso em: 29 abr. 2026.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, n. 455, p. 1-24, 1982. Disponível em: <https://shorturl.at/yxW1d>. Acesso em: 29 abr. 2026.

PERKINS, S. E.; ALEXANDER, L. V. On the measurement of heat waves. **Journal of Climate**, v. 26, n. 13, p. 4500-4517, 2013. Disponível em: <https://shorturl.at/GaYZS>. Acesso em: 29 abr. 2026.

PEZZA, A. B.; RENSCH, P. van; CAI, W. Severe heat waves in southern Australia: synoptic climatology and large scale connections. **Climate Dynamics**, v. 38, p. 209-224, 2012. Disponível em: <https://tinyurl.com/4he7pr34>. Acesso em: 29 abr. 2026.

RATTIS, L.; BRANDO, P. M.; MACEDO, M. N.; SPERA, S. A.; CASTANHO, A. D. A.; MARQUES, E. Q.; COSTA, N. Q.; SILVÉRIO, D. V.; COE, M. T. Climatic limit for agriculture in Brazil. **Nature Climate Change**, v. 11, p. 1098-1104, 2021. Disponível em: <https://shorturl.at/YFPjo>. Acesso em: 30 abr. 2026.

RAZA, A.; RAZZAQ, A.; MEHMOOD, S. S.; ZOU, X.; ZHANG, X.; LV, Y.; XU, J. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review. **Plants**, v. 8, n. 2, 34, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/2/34>. Acesso em: 29 abr. 2026.

RICHEY, A. S.; THOMAS, B. F.; LO, M.-H.; REAGER, J. T.; FAMIGLIETTI, J. S.; VOSS, K.; SWENSON, S.; RODELL, M. Quantifying renewable groundwater stress with GRACE. **Water Resources Research**, v. 51, n. 7, p. 5217-5238, 2015. Disponível em: <https://shorturl.at/VaRMu>. Acesso em: 30 abr. 2026.

RUSTICUCCI, M.; VARGAS, W. Synoptic situations related to spells of extremes temperatures over Argentina. **Meteorological Applications**, v. 2, n. 4, p. 291-300, 1995. Disponível em: <https://tinyurl.com/4tcsa8nu>. Acesso em: 29 abr. 2026.

SAKURAI, G.; IIZUMI, T.; NISHIMORI, M.; YOKOZAWA, M. How much has the increase in atmospheric CO₂ directly affected past soybean production? **Scientific Reports**, v. 4, p. 4978, 2014. Disponível em: <https://shorturl.at/MFvVT>. Acesso em: 30 abr. 2026.

SENA, C. C. R.; ALVES JÚNIOR, J.; SOUZA, J. M. F.; EVANGELISTA, A. W. P.; BATTISTI, R.; CASAROLI, D.; ANTUNES JUNIOR, E. de J. Remote sensing in the estimation of evapotranspiration of tomato cultivation for industrial processing. **Bioscience Journal**, v. 41, e41002, 2025. Disponível em: <https://shorturl.at/EOMMn>. Acesso em: 30 abr. 2026.

SENEVIRATNE, S. I.; CORTI, T.; DAYIN, E. L.; HIRSCHI, M.; JAEGER, E. B.; LEHNER, I.; ORLOWISKY, B.; TEULING, A. J. Investigating

soil moisture-climate interactions in a changing climate: a review. **Earth-Science Reviews**, v. 99, n. 3-4, p. 125-161, 2010. Disponível em: <https://shorturl.at/OatW4>. Acesso em: 29 abr. 2026.

SILVA, D. S.; ARIMA, E. Y.; REIS, T. N. P. dos; RATTIS, L. Temperature effect on Brazilian soybean yields, and farmers' responses. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 21, n. 1, 2173370, 2023. Disponível em: <https://shorturl.at/gHqzm>. Acesso em: 30 abr. 2026.

SINGH, A.; KUMAR, A.; YADAV, S.; SINGH, I. K. Reactive oxygen species-mediated signaling during abiotic stress. **Plant Gene**, v. 18, p. 100-173, 2019. Disponível em: <https://shorturl.at/IHCe1>. Acesso em: 30 abr. 2026.

SINGSAAS, E. L.; LAPORTE, M. M.; SHI, J.-Z.; MONSON, R. K.; BOWLING, D. R.; JOHNSON, K.; LERDAU, M.; JASENTULIYTANA, A.; SHARKEY, T. D. Kinetics of leaf temperature fluctuation affect isoprene emission from red oak (*Quercus rubra*) leaves. **Tree Physiology**, v. 19, n. 14, p. 917-924, 1999. Disponível em: <https://shorturl.at/IPSJc>. Acesso em: 30 abr. 2026.

SINHA, R.; FRITSCHI, F. B.; ZANDALINAS, S. I.; MITTLER, R. The impact of stress combination on reproductive processes in crops. **Plant Science**, v. 311, 111007, 2021. Disponível em: <https://shorturl.at/cJQz2>. Acesso em: 30 abr. 2026.

SOEDER, D. J. Greenhouse gas sources and mitigation strategies from a geosciences perspective. **Advances in Geo-Energy Research**, v. 5, n. 3, p. 245-260, 2021. Disponível em: <https://shorturl.at/VVN6P>. Acesso em: 6 maio 2026.

TABARI, H. Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. **Scientific Reports**, v. 10, 13768, 2020. Disponível em: <https://shorturl.at/nOylo>. Acesso em: 30 abr. 2026.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, E. I.; FISCHER, G.; VELTHUIZEN, H. van; WALTER, C.; EWERT, F. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate

change. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 170, p. 206-215, 2013. Disponível em: <https://shorturl.at/MIUbj>. Acesso em: 30 abr. 2026.

TEODORO, I. P. de O. **Efeito da fotoproteção e do regime hídrico no crescimento, fisiologia e produtividade da cana-de-açúcar**. 2025. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2025. Disponível em: <https://tinyurl.com/yktx4c86>. Acesso em: 8 maio 2026.

TRABELSI, L.; GARGOURI, K.; BEN HASSENA, A.; MBADRA, C.; GHRAB, M.; NCUBE, B.; STADEN, J. van; GARGOURI, R. Impact of drought and salinity on olive water status and physiological performance in an arid climate. **Agricultural Water Management**, v. 213, p. 749-759, 2019. Disponível em: <https://shorturl.at/WmFfx>. Acesso em: 30 abr. 2026.

ULISSES, E. dos A. **Respostas morfofisiológicas de genótipos de cana-de-açúcar e cana energia sob diferentes regimes hídricos na fase inicial de crescimento**. 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2016. Disponível em: <https://tinyurl.com/yckyqxam>. Acesso em: 8 maio 2026.

VALE, T. M. C. do; SPYRIDES, M. H. C.; ANDRADE, L. de M. B.; BEZERRA, B. G.; SILVA, P. E. da. Subsistence agriculture productivity and climate extreme events. **Atmosphere**, v. 11, 1287, 2020. Disponível em: <https://shorturl.at/s4JiW>. Acesso em: 30 abr. 2026.

VALVERDE, M. C.; ROSA, M. B. Heat waves in São Paulo State, Brazil: intensity, duration, spatial scope, and atmospheric characteristics. **International Journal of Climatology**, v. 43, n. 8, p. 3782-3798, 2023. Disponível em: <https://tinyurl.com/bddenk9m>. Acesso em: 29 abr. 2026.

VARA PRASAD, P. V.; BHEEMANAHALLI, R.; KRISHNA, S. V. Field crops and the fear of heat stress: opportunities, challenges and future directions. **Field Crops Research**, v. 200, p. 114-121, 2017. Disponível em: <https://shorturl.at/ripc2>. Acesso em: 30 abr. 2026.

VECELLIO, D. J.; KONG, Q.; KENNEY, W. L.; HUBER, M. Greatly enhanced risk to humans as a consequence of empirically determined lower moist heat stress tolerance. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 120, n. 42, 2305427120, 2023. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2305427120>. Acesso em: 29 abr. 2026.

WANG, X.-L.; ZHU, Y.-P.; YAN, Y.; HOU, J.-M.; WANG, H.-J.; LUO, N.; WEI, D.; MENG, Q.-F.; WANG, P. Irrigation mitigates the heat impacts on photosynthesis during grain filling in maize. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 22, n. 8, p. 2370-2383, 2023. Disponível em: <https://shorturl.at/E3SPJ>. Acesso em: 30 abr. 2026.

WMO – World Meteorological Organization. **Heatwaves and health: guidance on warning-system development**. Geneva: WMO, 2015. (WMO No. 1142). Disponível em: <https://library.wmo.int/idurl/4/54600>. Acesso em: 6 ago. 2025.

ZAMPIERI, M.; CEGLAR, A.; DENTENER, F.; TORETI, A. Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 6, 064008, 2017. Disponível em: <https://shorturl.at/9agne>. Acesso em: 30 abr. 2026.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; GRASSINI, P. Climate and management factors influence soy bean yield potential in a subtropical environment. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 4, p. 1447-1454, 2016. Disponível em: <https://shorturl.at/E6jB1>. Acesso em: 30 abr. 2026.

ZHU, P.; BURNEY, J. Untangling irrigation effects on maize water and heat stress alleviation using satellite data. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 26, n. 3, p. 827-840, 2022. Disponível em: <https://shorturl.at/xg2V4>. Acesso em: 30 abr. 2026.

Lineu Neiva Rodrigues

Introdução

A agricultura irrigada desempenha um papel estratégico na produção de alimentos, na geração de renda e no desenvolvimento econômico do Brasil. Entretanto, a expansão sustentável dessa atividade depende cada vez mais da disponibilidade de água e de energia, tornando a segurança hídrica e energética fatores fundamentais para a competitividade do setor.

Nesse contexto, todas as tecnologias e práticas capazes de aumentar a eficiência do uso da água e da energia devem ser priorizadas. Esse processo começa com um bom planejamento e dimensionamento dos sistemas de irrigação, incluindo as estruturas de captação, condução e aplicação da água.

Para que a água captada em rios, reservatórios ou barragens chegue até as áreas irrigadas, é necessário transportá-la por meio de sistemas de condução. Entre as alternativas mais utilizadas no meio rural estão os canais abertos, devido ao seu menor custo de implantação e à sua simplicidade operacional.

No entanto, esses canais podem apresentar perdas significativas de água por infiltração, principalmente quando construídos em solos arenosos ou altamente permeáveis. Em determinadas situações, essas perdas podem atingir níveis tão elevados que comprometem a viabilidade técnica e econômica do empreendimento.

Além disso, perdas em canais não representam apenas desperdício de água. Elas também representam desperdício de energia, pois parte da água perdida já foi captada, conduzida e, em muitos casos, bombeada.

Além do desperdício de água, as perdas por infiltração aumentam diretamente o consumo de energia. Isso ocorre porque volumes adicionais precisam ser captados e bombeados para compensar a água perdida durante o transporte. Em outras palavras, cada m^3 perdido representa não apenas água que deixa de chegar à lavoura, mas também energia consumida sem gerar qualquer benefício produtivo.

Nessas condições, o uso de geomembranas se torna uma alternativa estratégica para aumentar a eficiência dos sistemas de condução. Ao reduzir significativamente as perdas por infiltração, as geomembranas contribuem para o aumento da eficiência hidráulica dos canais, reduzem a necessidade de bombeamento, diminuem os custos operacionais e fortalecem a segurança hídrica e energética das propriedades rurais.

A magnitude dessas perdas muitas vezes é subestimada. Um canal típico de irrigação, com 1 km de comprimento e operando em um solo com condutividade hidráulica saturada equivalente a uma taxa de infiltração de aproximadamente 150 mm h^{-1} , pode perder cerca de 18% da água transportada. Em

canais com 5 km de comprimento, as perdas acumuladas podem ultrapassar 80% do volume conduzido, fazendo com que menos de 20% da água captada chegue efetivamente ao seu destino.

Quanto custa perder água?

As perdas em canais devem ser avaliadas não apenas pelo volume de água infiltrado no solo, mas também pelo volume adicional que precisa ser captado para que a quantidade necessária chegue até a área irrigada.

Por exemplo, se a lavoura precisa receber **100 m³ de água** e o canal perde **20%** durante a condução, apenas **80%** da água captada chega ao destino (os valores apresentados são exemplos ilustrativos; na realidade, devem ser ajustados conforme as características hidráulicas do canal, o tipo de solo, o comprimento do sistema de condução, a vazão transportada e as condições reais de operação).

$$\text{Volume captado} \times 0,80 = 100 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume captado} = 100 \div 0,80 = 125 \text{ m}^3$$

Portanto, para entregar **100 m³** à área irrigada, seria necessário captar aproximadamente **125 m³**. Nesse caso, **25 m³** seriam perdidos durante o transporte.

125 m³ volume captado
100 m³ volume que chega à lavoura
25 m³ volume perdido no canal

Quando 1 m³ de água é perdido por infiltração em um canal, não se perde apenas água; perde-se também parte da energia empregada na sua captação, na sua condução e no seu bombeamento. Por isso, reduzir perdas em canais contribui simultaneamente para a segurança hídrica e para a segurança energética dos sistemas de irrigação.

Importância das geomembranas

A impermeabilização de canais com geomembranas é uma tecnologia de grande importância para sistemas de irrigação que utilizam canais de condução em solos de elevada permeabilidade. Sua principal função é criar uma barreira física que reduz a infiltração da água no solo, aumentando a parcela do volume captado que efetivamente chega à área irrigada.

Em termos práticos, o uso de geomembranas pode reduzir perdas, melhorar a confiabilidade do fornecimento de água, diminuir a necessidade de captação adicional e reduzir o gasto de energia ser vista não apenas como uma medida de conservação de água, mas também como uma estratégia de eficiência energética e de aumento da sustentabilidade dos projetos de irrigação.

Em propriedades rurais, perímetros irrigados e projetos coletivos de irrigação, a adoção de geomembranas pode ser decisiva para a garantia de que a água captada seja utilizada de forma mais eficiente. Em situações de elevada perda por infiltração, sua ausência pode levar ao superdimensionamento de bombas, ao aumento dos custos operacionais e até à inviabilidade econômica do empreendimento.

Considerações finais

A melhoria da eficiência na condução da água representa uma das ações mais eficazes para aumentar a segurança hídrica e energética da agricultura irrigada. Em regiões onde as perdas por infiltração são elevadas, o uso de geomembranas deve ser visto como um investimento estratégico, capaz de reduzir a captação de água, diminuir o consumo de energia, aumentar a eficiência operacional e garantir maior sustentabilidade aos sistemas produtivos.

Em um cenário de crescente competição pelo uso da água, de aumento dos custos de energia e de maior variabilidade climática, tecnologias que reduzam perdas e aumentem a eficiência dos sistemas de irrigação serão cada vez mais essenciais para a manutenção da sustentabilidade e da produtividade da agricultura brasileira.



ASSOCIADAS DA ABID



APOIADORAS DESSA EDIÇÃO





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

Colaboraram nesta edição

AFONSO PECHE FILHO

Engenheiro agrônomo, doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) e mestre em Engenharia de Água e Solo pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pesquisador científico do Instituto Agronômico (IAC) de Campinas.

peche@iac.sp.gov.br

AFRÂNIO CESAR MIGLIARI

Engenheiro agrônomo, ex-presidente executivo da Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Grãos Especiais e Irrigantes do Brasil (Aprofir Brasil) e ex-diretor executivo da Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Grãos Especiais e Irrigantes de Mato Grosso (Aprofir-MT), atual presidente da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Feijão e Pulses e da Câmara Temática de Agricultura Sustentável e Irrigação, ambas do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

migliari.afranio@gmail.com

ALINE DE SOUZA TRINDADE

Tecnóloga em Marketing, secretária-executiva da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid), do Instituto Mato-Grossense do Feijão, Pulses, Colheitas Especiais e Irrigantes (Imafir-MT) e da Associação dos Produtores de Feijão, Pulses, Grãos Especiais e Irrigantes do Brasil (Aprofir Brasil).

associados@abid.org.br

BERNHARD LEISLER KIEP

Graduado em Comércio Exterior pela Universidade de Hamburgo, Alemanha, e certificado pelo Management Development Program pela Graduate School of Education, de Harvard, Estados Unidos; vice-presidente da Câmara Setorial de Equipamentos de Irrigação da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (CSEI/Abimaq) e diretor executivo da empresa Bermad Brasil.

bernhard.kiep@gmail.com

DANIEL FONSECA DE CARVALHO

Engenheiro agrícola, doutor e mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado em Ciências Agrárias pela Universidad de Castilla-La Mancha, Espanha, professor titular do Departamento de Engenharia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e diretor institucional da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).

carvalho@ufrj.br

DAVID LOZANO PÉREZ

Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia pela Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), CTO da empresa AgroAirTechnology, engenheiro hidráulico pesquisador do Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) e cientista titular do Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

david.lozano@juntadeandalucia.es

DERBLAI CASAROLI

Engenheiro agrônomo, doutor em Física do Ambiente Agrícola pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) e mestre em Produção Vegetal pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), professor associado da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), Campus Samambaia.

derblai@ufg.br

ERIC ROTHBERG

Engenheiro agrônomo, pós-graduado (MBA) em Negócios Internacionais pela California State University – Fresno, gerente comercial da Rubicon Water para a América do Norte, empresa global de tecnologia avançada para irrigação.

eric.rothberg@rubiconwater.com

EUSÍMIO FELISBINO FRAGA JÚNIOR

Engenheiro agrônomo, doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo (USP) e mestre em Irrigação e Drenagem pela mesma instituição, professor adjunto da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, coordenador do Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados (CinCi/UFU) e diretor executivo da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).

eusimiofraga@ufu.br

EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI

Engenheiro agrícola, doutor em Agronomia/Manejo da Irrigação pela Universidade de Córdoba, Espanha, e mestre em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), professor titular sênior da UFV, consultor de empresas e associações de irrigantes e ex-presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
mantovani.everardo@gmail.com

FÁBIO BAKKER ISAIAS

Engenheiro florestal, mestre em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB) e especialista em Administração e Manejo de Unidades de Conservação pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), analista de saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb) e vice-presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba).
fbibakker@gmail.com

FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ

Engenheiro agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP) e mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), professor titular da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus Ilha Solteira.
fernando.braz@unesp.br

FRANCISCO MICHEL FREIRE DE SOUSA

Gestor de Tecnologia da Informação pelo Centro Universitário Estácio do Ceará e tecnólogo em Mecatrônica Industrial pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), CEO da empresa de automação e sensoriamento agrícola 3V3 Tecnologia.
contato@3v3.com.br

GREGÓRIO GUIRADO FACCIOLI

Engenheiro agrícola, doutor em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado em Geografia Física pela Universidad de Sevilla, professor da Universidade Federal de Sergipe (UFS) e diretor institucional da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
gregorioufs@gmail.com

JANE MARIA DE CARVALHO SILVEIRA

Engenheira agrícola, doutora em Engenharia Agrícola, Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), pesquisadora científica do Instituto Agrônomo (IAC) de Campinas e subdiretora de treinamento da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
jane.silveira@sp.gov.br

JOÃO BATISTA RIBEIRO DA SILVA REIS

Engenheiro agrícola, doutor em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (USP), mestre na mesma área pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e diretor de publicações da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
jbrsreis@epamig.br

JOÃO RICARDO RAISER

Administrador, mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pelo Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), gestor governamental de fiscalização, controle e regulação do Estado de Goiás atuando na Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) do Governo do Estado de Goiás e presidente do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (CBH Paranaíba).
jrrgestor@gmail.com

JOSÉ ALVES JÚNIOR

Engenheiro agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), professor titular da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), Campus Samambaia, e diretor institucional da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
josealvesufg@ufg.br

LINEU NEIVA RODRIGUES

Engenheiro agrícola, doutor e mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado em Engenharia de Irrigação e Manejo de Água pela Universidade de Nebraska-Lincoln (EUA), pesquisador em Recursos Hídricos e Irrigação na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Cerrados) e subdiretor de relações institucionais da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
lineu.rodrigues@embrapa.br

LUCIANO DE ARRUDA COELHO FILHO

Advogado, professor da Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA) e diretor de gestão de parcerias da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), com vasta experiência em cargos de gestão pública do estado do Ceará.
luciano.arruda@cagece.com.br

LUÍS FERNANDO DE SOUZA MAGNO CAMPECHE

Engenheiro agrônomo, doutor e mestre em Irrigação e Drenagem pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE), Campus Petrolina, e diretor de eventos da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
luis.campeche@ifsertao-pe.edu.br

LUIZ ANTÔNIO LIMA

Engenheiro agrícola, Ph.D. em Irrigation Engineering e M.Sc. em Water Science pela University of California (UC Davis), professor titular do Departamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).
lalima@ufla.br

LUIZ FABIANO PALARETTI

Engenheiro agrônomo, doutor e mestre em Interação Água-Planta-Ambiente pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com pós-doutorado em Irrigação pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq/USP), professor livre-docente do Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Campus Jaboticabal, e subdiretor administrativo-financeiro da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
luiz.f.palaretti@unesp.br

MARIA EMÍLIA BORGES ALVES

Engenheira agrícola, doutora em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e mestra em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Cerrados) e vice-presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
maria.emilia@embrapa.br

MILTON MARQUES FERNANDES

Engenheiro florestal, doutor em Ciência do Solo e mestre em Ciências Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), com pós-doutorado em Geoprocessamento e Manejo de Bacias pela UFRRJ, professor da Universidade Federal de Sergipe (UFS).
miltonmf@gmail.com

PRISCILA SILVÉRIO SLEUTJES

Engenheira agrônoma, mestra em Proteção de Plantas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp) e especialista em Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas pela mesma universidade, produtora rural e subdiretora de eventos da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
prisleutjes@gmail.com

SALOMÃO DE SOUSA MEDEIROS

Engenheiro agrícola, doutor em Recursos Hídricos e Ambientais e mestre em Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), professor do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e pesquisador do Polo de Inovação do Instituto Federal da Paraíba (IFPB).
salomao.medeiros@polodeinovacao.ifpb.edu.br

SÍLVIO CARLOS RIBEIRO VIEIRA LIMA

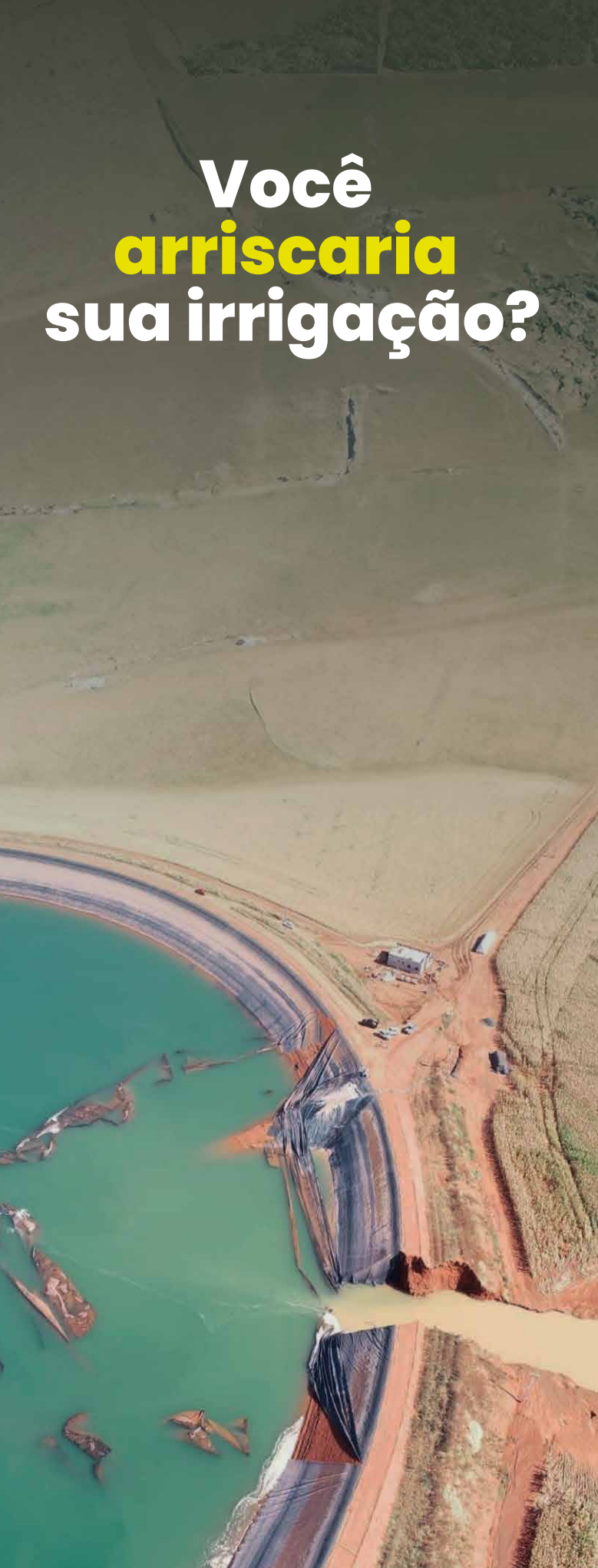
Engenheiro agrônomo, doutor em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo (USP), secretário-executivo do agronegócio da Secretaria do Desenvolvimento Econômico (SDE) do Governo do Estado do Ceará e presidente da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (Abid).
silvio.carlos@sde.ce.gov.br

STOCLER MANOEL DE ANDRADE

Engenheiro agrônomo, mestre em Ciência do Solo pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), professor do Centro Universitário UNIFAFIBE e proprietário da empresa Stocler Engenharia.
stocler@stocler.com.br

THIAGO HENRIQUES FONTENELLE

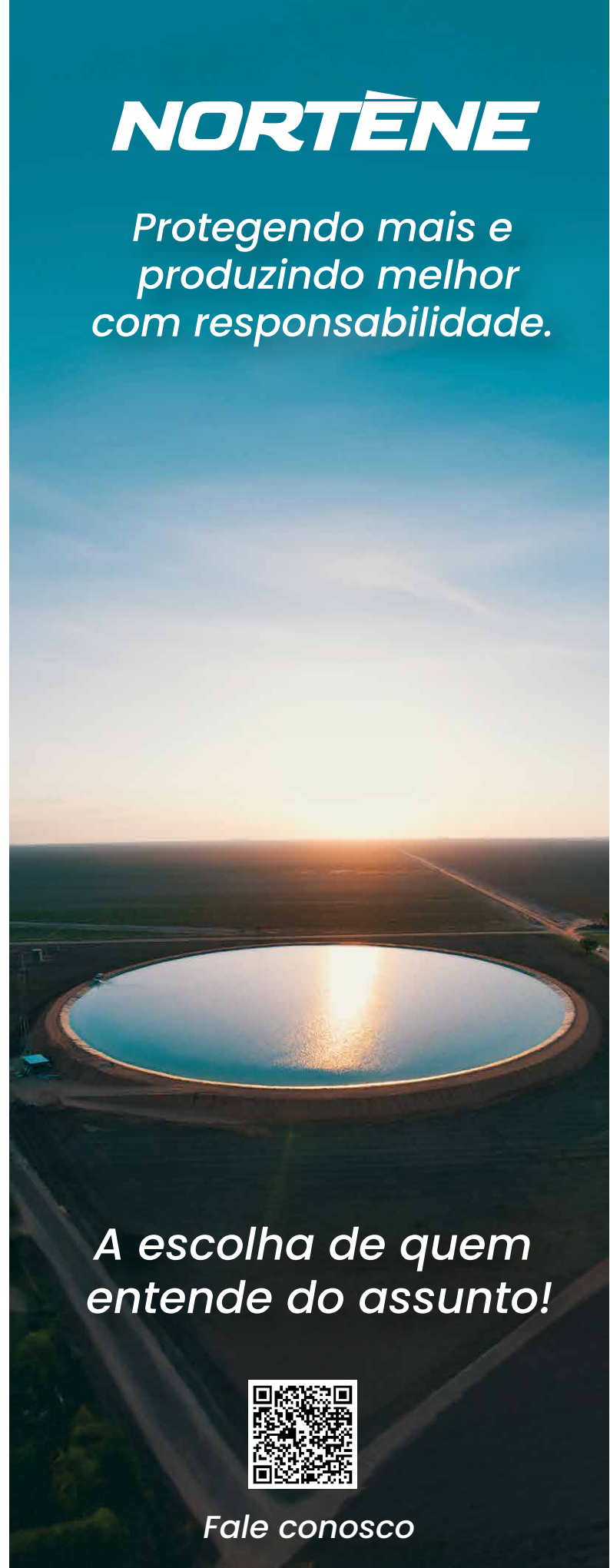
Geógrafo, mestre em Dinâmica dos Oceanos e da Terra pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e especialista em Dinâmicas Urbano-Ambientais e Gestão do Território pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), especialista em regulação de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).
thiago.fontenelle@ana.gov.br



**Você
arriscaria
sua irrigação?**

NORTÈNE

*Protegendo mais e
produzindo melhor
com responsabilidade.*



*A escolha de quem
entende do assunto!*



Fale conosco



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.

Acesse: www.abimaq.org.br



ÁGUA + DADOS + DECISÃO

INTELIGÊNCIA HÍDRICA

gerenciar
eficientemente
é preservar



EXPLORE A INTELIGÊNCIA HÍDRICA DE MATO GROSSO

Acesse o SIHUB e conheça dados, mapas e painéis que apoiam decisões estratégicas para o uso sustentável da água na agricultura no estado de Mato Grosso.



www.imaфир.org.br



www.aprofir.org.br



@aprofir.mt