



ANÁLISE DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

ANALYSIS OF WATER AND ELECTRICITY WASTE IN SPRINKLER IRRIGATION SYSTEMS

ANÁLISIS DEL DESPERDICIO DE AGUA Y ELECTRICIDAD EM SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN



<https://doi.org/10.56238/levv16n51-068>

Data de submissão: 23/07/2025

Data de Publicação: 23/08/2025

Dieison Mariano Farias Rocha

Graduando em Bacharelado em Engenharia Elétrica

Instituição: Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4620-5505>

E-mail: dieisonrocha@id.uff.br

João Pedro Knust Santos

Graduando em Bacharelado em Engenharia Elétrica

Instituição: Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1985-4128>

E-mail: jpksantos@id.uff.br

Victor Hugo Bitencourt Perez

Graduando em Bacharelado em Engenharia Elétrica

Instituição: Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8444-506X>

E-mail: victorhbp@id.uff.br

Anna Virginia Muniz Machado

Doutora em Engenharia Civil

Instituição: Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5793-8591>

E-mail: annavirginia@id.uff.br

RESUMO

Este estudo realizou uma análise abrangente sobre o consumo de água e energia elétrica em sistemas de irrigação por aspersão, com foco em práticas que promovam maior eficiência e sustentabilidade na agricultura irrigada. Considerando o papel estratégico da irrigação para o agronegócio brasileiro e os desafios impostos pela escassez hídrica e pelo alto custo da energia, o trabalho baseou-se em uma revisão de literatura, abordando as principais técnicas, limitações e soluções aplicáveis ao manejo racional dos recursos. Com base na análise dos 11 artigos selecionados, conclui-se que o desempenho eficiente de sistemas de irrigação por aspersão depende diretamente de um planejamento técnico detalhado, da consideração das condições ambientais e do uso de ferramentas modernas de gestão. A

adoção de boas práticas pode tornar a irrigação mais econômica, reduzindo custos com energia e água, e contribuindo para uma agricultura mais competitiva e sustentável

Palavras-chave: Eficiência Energética. Irrigação. Aspersão. Economia.

ABSTRACT

This study conducted a comprehensive analysis of water and electricity consumption in sprinkler irrigation systems, focusing on practices that promote greater efficiency and sustainability in irrigated agriculture. Considering the strategic role of irrigation for Brazilian agribusiness and the challenges posed by water scarcity and high energy costs, the work was based on a literature review, addressing the main techniques, limitations, and solutions applicable to rational resource management. Based on the analysis of the 11 selected articles, it is concluded that the efficient performance of sprinkler irrigation systems depends directly on detailed technical planning, consideration of environmental conditions, and the use of modern management tools. Adopting best practices can make irrigation more economical, reducing energy and water costs, and contributing to a more competitive and sustainable agriculture.

Keywords: Energy Efficiency. Irrigation. Sprinkling. Economy.

RESUMEN

Este estudio realizó un análisis exhaustivo del consumo de agua y electricidad en sistemas de riego por aspersión, centrándose en prácticas que promueven una mayor eficiencia y sostenibilidad en la agricultura de regadío. Considerando el papel estratégico del riego para la agroindustria brasileña y los desafíos que plantean la escasez de agua y los altos costos energéticos, el trabajo se basó en una revisión bibliográfica que abordó las principales técnicas, limitaciones y soluciones aplicables a la gestión racional de los recursos. A partir del análisis de los 11 artículos seleccionados, se concluye que el rendimiento eficiente de los sistemas de riego por aspersión depende directamente de una planificación técnica detallada, la consideración de las condiciones ambientales y el uso de herramientas de gestión modernas. La adopción de buenas prácticas puede hacer que el riego sea más económico, reduciendo los costos de energía y agua, y contribuyendo a una agricultura más competitiva y sostenible.

Palabras clave: Eficiencia Energética. Riego. Aspersión. Economía.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada desempenha um papel fundamental na segurança alimentar global, especialmente em regiões suscetíveis à variabilidade climática e à escassez hídrica. No Brasil, país com grande extensão territorial e forte presença do agronegócio (IBGE, 2023), a irrigação tem sido amplamente adotada como estratégia para garantir estabilidade na produção agrícola, aumentar a produtividade e permitir múltiplos ciclos de cultivo ao longo do ano (Goretti, 2019). Entre os diversos métodos de irrigação utilizados, o sistema de irrigação por aspersão tem se destacado por sua eficiência operacional, cobertura uniforme e capacidade de automação, além de ser um dos métodos que mais cresceu nos últimos anos (Goretti, 2019).

Segundo Michael (2008), a irrigação por aspersão foi criada no início do século XX, mas só se popularizou depois da Segunda Guerra Mundial com a chegada de tubos de alumínio leves e portáteis. Melhorias nos aspersores e nos acoplamentos tornaram a montagem mais fácil. Hoje, os sistemas de aspersão estão substituindo a irrigação por superfície em várias regiões, especialmente onde há escassez de água. Esse tipo de irrigação serve para praticamente todos os tipos de solo, terrenos e culturas, especialmente as de pequeno porte, com exceção do arroz e da juta. Funciona muito bem em solos arenosos com alta infiltração, mas não é indicado para solos argilosos muito compactos. Além disso, reduz bastante a necessidade de mão de obra e se adapta bem a terrenos sem muita preparação (Michael, 2008).

Apesar das vantagens, o vento pode atrapalhar a distribuição da água, deixando-a irregular. Além disso, o sistema exige um fornecimento constante para funcionar bem. O sistema de aspersão tem um custo inicial mais alto do que a irrigação por superfície, a menos que essa exija muito nivelamento do solo. Também demanda mais energia, já que precisa trabalhar com pressões de água de 0,5 até mais de 10 bar (Michael, 2008).

Com a crescente preocupação global com a sustentabilidade dos recursos naturais, torna-se cada vez mais importante compreender o impacto dos sistemas de irrigação sobre o consumo de água e energia, visto que o mesmo é aplicado numa ampla região do Brasil (Goretti, 2019). A energia elétrica, muitas vezes utilizada para alimentar bombas e equipamentos associados ao funcionamento da irrigação por aspersão, representa um dos principais custos operacionais do sistema (Irriger, 2017). Como diz a nota técnica da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Girardello, 2023), a necessidade de redução dos custos de energia elétrica, uma vez que “[...] o custo elevado da energia elétrica para irrigação, que chega a atingir 20% (vinte por cento) do custo total da produção.” sendo assim agravado pela alteração no desconto da tarifa energética para irrigação.

Nesse contexto, a análise dos gastos de energia e água em sistemas de irrigação por aspersão torna-se uma ferramenta essencial para o planejamento e gestão sustentável da atividade agrícola. Avaliar o desempenho desses sistemas sob diferentes condições operacionais e ambientais permite

identificar gargalos, propor medidas de otimização e contribuir para a formulação de políticas públicas voltadas à eficiência energética e hídrica no campo.

Além disso, o uso de tecnologias como sensores (Silveira et al., 2020), sistemas de automação (Moraes et al., 2014) e modelagem computacional (Souza; Rodrigues, 2022) tem possibilitado um monitoramento mais preciso e em tempo real dos parâmetros operacionais dos sistemas de irrigação. Tais inovações viabilizam a coleta de dados detalhados que, quando analisados corretamente, fornecem subsídios para a tomada de decisões mais assertivas, com reflexos diretos na economia de recursos, na produtividade agrícola e na sustentabilidade ambiental.

Este estudo tem como objetivo realizar uma análise dos gastos de energia e água em sistemas de irrigação por aspersão. A partir da revisão bibliográfica, análise de nota técnica e estudos de caso, busca-se compreender os principais fatores que influenciam o consumo desses recursos, bem como discutir estratégias de manejo que promovam maior eficiência no uso dos sistemas. Espera-se, assim, contribuir para a solução de problemas energéticos e hídricos, com o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis na irrigação agrícola, alinhadas às exigências atuais de conservação ambiental e uso racional dos recursos naturais.

Por fim, destaca-se que o presente estudo é relevante não apenas do ponto de vista técnico e agrônomo, mas também socioeconômico, uma vez que os custos com energia e água representam parcelas significativas dos investimentos dos produtores rurais. De acordo com o EPE, Empresa de Pesquisa Energética, em 2023 o consumo total de energia elétrica no setor agrônomo foi de 5,0% da geração total de energia, sendo que de 2022 para 2023 houve um aumento de 7,3% em relação aos outros setores da economia brasileira (EPE, 2024). Enquanto a ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, destaca que em 2015 o consumo de água na agricultura irrigada foi de 745 mil litros por segundo e estima-se que em 2030 serão de 1,055 milhão de litros por segundo (ANA, 2017).

A racionalização desses gastos pode resultar em maior competitividade para o setor agrícola, especialmente em um cenário de aumento das tarifas energéticas e de restrições hídricas impostas por eventos climáticos extremos e mudanças nos padrões de precipitação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IRRIGAÇÃO: CONCEITOS

O objetivo da irrigação é distribuir água de forma que ela penetre e seja armazenada uniformemente na zona das raízes. Na prática, isso é difícil de alcançar devido a limitações nas condições agrícolas e na má concepção de muitos sistemas de irrigação. Isso pode resultar em aplicação insuficiente ou excessiva de água, desperdícios, problemas de drenagem, salinização do solo e erosão. Além disso, a quantidade de água, a frequência e o tempo de irrigação variam de acordo com as

características do solo, da cultura plantada e do clima, sendo fundamental considerar todos esses fatores na elaboração de um cronograma de irrigação eficiente (Verma et al., 2014).

Segundo Testezlaf (2017), a irrigação pode ser compreendida como uma técnica que consiste na aplicação controlada de água às plantas de forma artificial, no qual tem o objetivo de atender suas necessidades hídricas. Em outras palavras, a irrigação repõe a água necessária para as plantas quando as chuvas são insuficientes. Isso é feito por meio de sistemas de irrigação, que se classificam pela forma de distribuição da água: superficial, localizada e aspersão. Desse modo, uma prática adequada desses meios busca garantir condições ótimas de crescimento e desenvolvimento das diversas culturas e promover uma produção eficiente e compatível com as expectativas do produtor.

O método de irrigação é a forma como a água é aplicada às plantas. Existem quatro métodos principais (Andrade; Brito, 2006):

- Irrigação por aspersão: a água é lançada em jatos no ar, simulando a chuva, e se distribui sobre a cultura de forma uniforme;
- Irrigação por superfície: a água se distribui por gravidade, correndo pela própria superfície do solo até atingir as plantas;
- Irrigação localizada: a água é aplicada diretamente em parte do sistema radicular das plantas, utilizando emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubos porosos) ou superficiais (microaspersores), proporcionando maior eficiência no uso da água;
- Subirrigação: a água é aplicada diretamente em parte do sistema radicular das plantas, utilizando emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubos porosos) ou superficiais (microaspersores), proporcionando maior eficiência no uso da água.

É importante destacar que a adoção do tipo de irrigação deve ser feita de forma planejada e sustentável, considerando aspectos técnicos, econômicos e ambientais, a fim de evitar impactos negativos, como a degradação dos recursos hídricos e do solo (EMBRAPA, 2017).

2.2 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

A irrigação por aspersão é um método em que a água é distribuída sobre o solo em forma de gotas, simulando a chuva. Isso ocorre quando a água, sob pressão, passa por pequenos orifícios ou bocais que fragmentam o jato. Para isso, utilizam-se equipamentos como motobombas, tubulações e aspersores, que variam em capacidade e características conforme a necessidade (Bernardo et al., 2009).

O sistema de irrigação por aspersão utiliza tubos e aspersores que distribuem água sob pressão, convertendo-a em jatos que se transformam em gotas, simulando a chuva. A área molhada e a eficiência do sistema dependem da pressão, do espaçamento entre os aspersores, do tipo de solo, da cultura e das

condições de vento. A irrigação pode ser ajustada para fornecer exatamente a quantidade de água necessária às plantas (Michael, 2008).

Com um bom planejamento, a irrigação por aspersão pode ser uma estratégia eficaz na agricultura, pois distribui a água de forma uniforme sobre a área irrigada. Esse método é adaptável a diversas condições de solo e topografia, sendo indicado tanto para pequenas quanto para grandes propriedades (Andrade; Brito, 2006).

Os sistemas de irrigação por aspersão se dividem em dois tipos: móveis e fixos. Nos sistemas móveis, parte das tubulações é portátil, permitindo movimentar as linhas laterais pelo terreno para irrigar toda a área. Já nos sistemas fixos, as tubulações cobrem toda a área sem necessidade de movimentação. Eles podem ser fixo-portáteis, com tubulações sobre o solo usadas durante o ciclo da cultura, ou fixo-permanentes, com tubulações enterradas (Bernardo et al., 2009).

2.3 TÉCNICA PARA ECONOMIA DE ÁGUA RELACIONADO A ASPERSORES

O sistema de irrigação por aspersão é amplamente utilizado na agricultura, mas pode apresentar perdas de água quando mal manejado. Segundo Antunes (2018), a má uniformidade de distribuição e a ineficiência de aplicação estão entre os principais fatores que afetam o desempenho do sistema. Além disso, o vento, a umidade relativa do ar e a temperatura são os principais fatores climáticos que interferem na irrigação por aspersão. O vento compromete a uniformidade da distribuição da água, enquanto, junto com a temperatura e a umidade, também aumenta as perdas por evaporação e arraste. Por isso, em locais com ventos fortes e constantes, baixa umidade e altas temperaturas, é mais indicado utilizar sistemas de irrigação por gotejamento ou por superfície (Bernardo et al, 2009).

Nesse método, nem sempre é viável economicamente suprir todo o déficit de água no solo, devido às perdas por percolação, quando a água ultrapassa a zona de raízes, o que faz com que parte da área fique com irrigação insuficiente. Assim, uma parte da área recebe uma lâmina de água igual ou superior à necessária, sendo considerada bem irrigada, enquanto o restante recebe menos do que o ideal, caracterizando irrigação deficiente (Bernardo et al., 2009).

Práticas como irrigar nos horários mais frescos, utilizar aspersores adequados e considerar a topografia da área contribuem para reduzir desperdícios e manter a produtividade das culturas.

A eficiência da irrigação depende muito das características de pulverização dos aspersores, que são influenciadas pelo design do bocal, pela pressão de operação e por fatores ambientais. O formato do orifício do bocal, especialmente os de formatos não circulares, afeta significativamente o tamanho das gotas e os padrões de pulverização. Bicos não circulares melhoram a dispersão e a uniformidade das gotas, especialmente em baixas pressões, embora com uma leve redução no alcance da pulverização (Hua et al., 2022).

2.4 TÉCNICA DE ECONOMIA DE ENERGIA

A irrigação por aspersão é amplamente utilizada na agricultura por simular a chuva natural e proporcionar uma distribuição relativamente uniforme da água sobre a área cultivada. No entanto, esse método pode apresentar elevado consumo de energia elétrica, especialmente em sistemas pressurizados que dependem de motobombas para o bombeamento da água. Estudos apontam que o uso inadequado desses sistemas pode resultar em desperdícios significativos de energia. De acordo com Bruning (2018), a ausência de controle de vazão em sistemas convencionais de irrigação por aspersão compromete a eficiência energética e aumenta os custos operacionais. Dessa forma, a adoção de técnicas voltadas para a economia energética torna-se essencial para a sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica da atividade agrícola.

Um estudo relevante é sobre dimensionamento adequado do sistema de irrigação, levando em conta a pressão ideal de funcionamento dos aspersores, o diâmetro das tubulações e a topografia do terreno. O uso de ferramentas computacionais permite projetar sistemas otimizados que reduzem perdas de carga e o esforço energético exigido pelas bombas (Bordignon, 2019).

Os fatores climáticos também influenciam o desempenho energético dos sistemas de irrigação por aspersão. A pesquisa publicada por Silva et al., (2022) demonstrou que variáveis como: umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar têm impacto direto no desperdício de energia durante a irrigação, uma vez que afetam a eficiência de aplicação da água e aumentam a necessidade de tempo de operação dos sistemas, o que demonstra a importância de considerar as condições ambientais na tomada de decisão sobre os horários e frequência das irrigações.

Diante do que foi apresentado, fica claro que a irrigação, quando bem planejada e aliada à tecnologia, pode transformar a realidade do campo, principalmente em regiões com escassez hídrica. Desse modo, a irrigação por aspersão e uso de sensores ajudam a economizar água e energia, tornando a produção mais eficiente.

3 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura sobre os desperdícios de água e energia elétrica em sistemas de irrigação por aspersão, assim como analisar métodos para diminuir tal desperdício. A pesquisa é de natureza qualitativa e descritiva, sendo desenvolvida por meio da coleta, análise e descrição de publicações científicas relacionadas ao tema proposto.

A coleta de dados foi realizada pelo Portal de Periódicos da CAPES utilizando termos-chaves e booleanos como “irrigação” *AND* “consumo de água”, “irrigação” *AND* “consumo de energia”, “irrigação” *AND* “eficiência energética”, “irrigação por aspersão”, “irrigação por aspersão” *AND* “consumo de água”, “irrigação por aspersão” *AND* “consumo de energia”, “irrigação por aspersão”

AND “eficiência energética”, “*sprinkler irrigation*”, “*sprinkler irrigation*” AND “*water consumption*”, “*sprinkler irrigation*” AND “*energy consumption*” e “*sprinkler irrigation*” AND “*energy efficiency*”.

A seleção dos estudos seguiu critérios de inclusão e exclusão previamente definidos:

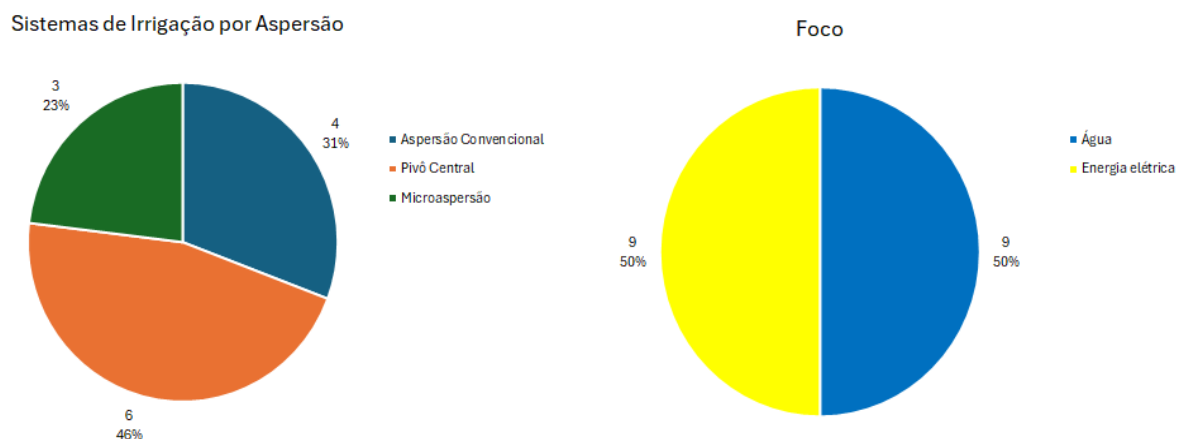
- Critérios de inclusão:
 - Estudos publicados entre 2000 e 2025, dando preferência para os dos últimos 5 anos.
 - Trabalhos que abordam diretamente o uso de energia elétrica assim como o desperdício de água em sistemas de irrigação por aspersão.
 - Artigos disponíveis em português ou inglês.
- Critérios de exclusão:
 - Estudos que não apresentavam uma metodologia claramente definida ou fundamentação teórica adequada.
 - Trabalhos duplicados ou que constituíssem versões repetidas de publicações já selecionadas.
 - Pesquisas que usavam sistemas de irrigação diferente da de aspersão.
 - Artigos de opinião ou revisões sem análise crítica dos dados.

Essa abordagem metodológica possibilitou uma pesquisa aprofundada sobre os sistemas de irrigação por aspersão, bem como dos desperdícios de água e energia elétrica, oferecendo insights relevantes acerca dos desafios e das oportunidades de desenvolvimento no setor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa inicial encontrou 980 registros na base da CAPES. Desses, 852 foram descartados pela análise dos títulos, restando 128 artigos. Na sequência, 26 foram eliminados por serem duplicados e 81 por não atenderem aos critérios de inclusão. Após a leitura dos resumos, mais 10 foram excluídos, totalizando 11 artigos selecionados para compor esta revisão. A tabela 1 mostra os artigos que compuseram essa pesquisa bibliográfica, o tipo de sistema de aspersão que foi utilizado no artigo e se o foco foi em economizar em água, energia elétrica ou ambos, enquanto a figura 1 apresenta dois gráficos de pizza, um sobre os 3 sistemas de irrigação por aspersão encontrado nesses artigos e quantos artigos mencionava cada um deles e o outro da quantidade de artigos que focam em economizar água, energia elétrica ou ambos.

Figura 1: Sistemas de Irrigação por Aspersão e Foco



Fonte: Autoria Própria

Tabela 1: Análise dos artigos por sistema de irrigação e economia

Autor/Ano	Título	Sistema de Irrigação	Foco
Tambo et al. 2020	<i>Easyspray</i> : software para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional em regiões moçambicanas	Aspersão Convencional	Ambos
Toledo et al. 2020	Water and energy efficiency in bean crop under center pivot irrigation	Pivô Central	Ambos
Silveira et al. 2020	Desenvolvimento de um sistema de irrigação utilizando sensor de umidade com aspersor automático	Microaspersão	Ambos
Rodrigues et al. 2024	Avaliação do espaçamento entre aspersores de um sistema de irrigação por aspersão convencional	Aspersão Convencional	Água
Souza et al. 2022	Irrigation management zone strategies impact assessment on potential crop yield, water and energy savings	Pivô Central	Ambos
Moraes et al. 2014	Automação em sistema de irrigação tipo pivô central para economia de energia elétrica	Pivô Central	Energia elétrica
Gontijo et al. 2019	Uso conservativo da água na agricultura irrigada	Aspersão Convencional	Água
Andrade et al. 2006	Métodos de Irrigação e Quimigação	Todos	Ambos
Kumar et al. 2022	Development of green energy based micro-sprinkler irrigation system for small holdings of SAT region	Microaspersão	Ambos
Turco et al. 2023	Consumo e custo de energia elétrica em cebola irrigada por pivô central afetado por dois métodos de manejo de irrigação	Pivô Central	Energia elétrica
O'Shaughnessy et al. 2019	Identifying advantages and disadvantages of variable rate irrigation : an updated review	Pivô Central	Ambos

Fonte: Autoria Própria

A análise integrada dos estudos evidencia que os sistemas de irrigação por aspersão, embora amplamente utilizados no Brasil, ainda enfrentam desafios significativos relacionados à eficiência no uso da água e da energia. Dessa forma, essas limitações são intensificadas na ausência de planejamento

técnico adequado, resultando em desperdícios de recursos hídricos, consumo de energia elevado e baixa eficiência operacional (Gontijo, 2019; Andrade; Brito, 2006).

Diversos fatores influenciam diretamente os coeficientes de uniformidade de irrigação, como espaçamento entre emissores, pressão de serviço e condições ambientais. Em Açailândia (MA), mesmo com um espaçamento superior ao recomendado (15 x 15 m), através do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), que são parâmetros usados em sistemas de irrigação para avaliar a uniformidade com que a água é distribuída no solo, foram obtidos as relações de CUC (83,70%) e CUD (74,46%), que foram considerados significativamente bons, especialmente quando a irrigação foi realizada em horários com menor ocorrência de ventos (Rodrigues et al., 2024).

Quanto ao desempenho energético, há evidências de que sistemas operando em pressões superiores às recomendadas (por exemplo, a 40 metros por coluna de água (mca) frente a 31 mca) apresentam perdas expressivas por evaporação e deriva (Andrade; Brito, 2006). Gontijo (2019) complementa, alertando que as perdas podem ultrapassar 30% da lâmina aplicada sob condições adversas. Dessa maneira, segundo Turco e Oliveira (2023), ao compararem dois métodos de manejo de irrigação (Hargreaves e Penman-Monteith FAO-56) na cultura da cebola irrigada por pivô central, verificou-se que, embora ambos tenham apresentado produtividades semelhantes, o consumo energético foi inferior no método Penman-Monteith. No entanto, o maior retorno econômico, em função da energia elétrica, foi obtido quando se utilizou o método de Hargreaves aliado ao sistema tarifário do Grupo B com desconto especial noturno. O que demonstrou, melhor desempenho econômico, com menor consumo de energia e maior viabilidade quando associada a tarifas especiais para irrigantes no período entre 21h30 e 6h00.

Além disso, Moraes et al. (2014) demonstraram que o uso de automação com inversores de frequência permite controle dinâmico da pressão e da rotação das bombas, alcançando reduções de consumo energético entre 16% e 48% mesmo em áreas com até 30% de atividade. O sistema ajusta-se ao ponto crítico do pivô (último emissor), mantendo a eficiência hidráulica e a energia em níveis satisfatórios. Assim como introduzir sensores da umidade do solo no manejo da irrigação também mostrou resultados promissores (Kumar et al., 2022; Silveira et al., 2020; Souza; Rodrigues, 2022). Em Silveira et al. (2020), por exemplo, foi confirmada a eficiência de um sistema automático que reduz o desperdício da água e otimiza o uso da energia elétrica.

Compreende-se que as diretrizes Andrade e Brito (2006) reforçam a importância da seleção correta do método de irrigação conforme as condições edafoclimáticas, topográficas e socioeconômicas. Desse modo, a publicação destaca que os sistemas por aspersão oferecem eficiência de aplicação entre 75% e 90%, enquanto os sistemas localizados, como o gotejamento, podem atingir até 95%, sobretudo em situações de escassez hídrica. Paralelo a isto, os sistemas por superfície, ainda

que apresentem menor custo inicial, têm eficiência inferior (30% a 80%) e exigem maior controle de manejo para evitar perdas por percolação profunda e escoamento superficial (Andrade; Brito, 2006).

O sistema por aspersores, apesar de versáteis e adaptáveis a variadas topografias, são sensíveis ao vento e à umidade relativa do ar, o que pode comprometer a uniformidade da distribuição da água. Somado a isso, tem-se a perda por de água por evapotranspiração e o manuseio inadequado desses sistemas, como afirma Toledo et al. (2020). No entanto, com a capacidade de automação, deve-se ser possível minimizar as perdas por manuseio e uniformidade. Também, com a facilidade de transporte e compatibilidade com a quimigação, aplicação de fertilizantes e defensivos via irrigação prevê-se que o solo deva manter a qualidade necessária. E, agregam valor ao sistema, desde que haja calibração adequada e controle técnico das variáveis operacionais. (O'Shaughnessy, 2019)

Outrora, juntando gestão e planejamento, ferramentas como o software Easyspray (Tambo et al., 2020) têm se mostrado úteis para dimensionamento correto de sistemas de aspersão, contribuindo para o aumento da eficiência hídrica e energética.

Por fim, a escolha do sistema de irrigação mais apropriado deve considerar variáveis como tipo de solo, cultura implantada, topografia, clima e disponibilidade de energia. Solos arenosos demandam irrigações mais frequentes com menores volumes, enquanto solos argilosos permitem maior intervalo entre aplicações devido à sua capacidade de retenção de água (Gontijo, 2019). Além disso, em relação aos aspectos de economia de água, segundo Toledo et al. (2020), a melhora de eficiência na irrigação em apenas 1%, pode ser capaz de poupar 200.000 litros de água por fazendeiro em hectare/ano, que por consequência aumenta a economia de energia através de menos água sendo bombeada para o sistema. Portanto, com a melhora dos métodos de irrigação, automatização e especialização, é esperado uma eficiência maior de energia e água que são recursos essenciais e custosos para manter essas práticas.

5 CONCLUSÃO

Pode-se observar que a eficiência energética dos sistemas de irrigação por aspersão está diretamente relacionada ao planejamento técnico, ao manejo adequado, o uso de tecnologias mais eficientes, considerando períodos de menor demanda de consumo, pressões da água compatíveis com as especificações do sistema e métodos mais precisos de estimativa da evapotranspiração, causada pelos ventos. Diante do exposto, foi obtido um potencial significativo, nos resultados, em relação à economia de energia elétrica e de recursos hídricos, sem comprometer a produtividade. Ainda, a automação por meio de inversores de frequência e sensores de uso específico, contribuem para um controle da irrigação, tendo um bom aproveitamento da água e de energia. O uso racional da energia elétrica em sistemas de irrigação exige investimentos em equipamentos, um bom planejamento e capacitação técnica. Assim, pode-se destacar que a modernização e a automação dos sistemas são



essenciais para aumentar a eficiência energética, conservar recursos naturais e garantir a economia de água e energia.



REFERÊNCIAS

- IBGE. Produção Agropecuária. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/br>. Acesso em: 03/06/2025
- GORETTI, G. dos S. Área irrigada no Brasil Censo 2017. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/agricultura-sustentavel-e-irrigacao/2019/35a-ro/sut-apres-ctsi-06ago2019-convertido.pdf>. Acesso em: 03/06/2025
- MICHAEL, A. M. Irrigation: theory and practice. New Delhi: Vikas, 2008
- IRRIGER. Consumo de Energia Elétrica na Irrigação. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/insumos-agropecuarios/anos-anteriores/consumo-de-energia-eletrica-na-irrigacao-87.pdf>. Acesso em: 03/06/2025
- GIRARDELLO, J. G. S., Oliveira, R, R, L., Magalhães, V. F. D. Alteração no desconto da tarifa de energia elétrica para irrigação na área atendida pela SUDENE. Brasília: CNA, 2023. (Nota Técnica, n. 15)
- SILVEIRA, L. P. et al. Desenvolvimento de um sistema de irrigação utilizando sensor de umidade com aspersor automático. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 9, p. 436, 21 fev. 2020.
- MORAES, M. J. et al. Automação em sistema de irrigação tipo pivô central para economia de energia elétrica. Engenharia Agrícola, v. 34, p. 1075–1088, 1 dez. 2014.
- SOUZA, S. A.; RODRIGUES, L. N. Increased profitability and energy savings potential with the use of precision irrigation. Agricultural Water Management, v. 270, p. 107730, ago. 2022.
- EPE. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2024. 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf. Acesso em: 03/06/2025
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada. 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/atlasirrigacao/>. Acesso em: 03/06/2025
- VERMA, S. B.; SHRIVASTAVA, A. K.; JHA, J. K. Irrigation Resources. Scientific Publisher, 2014
- TESTEZLAF, R. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2017
- ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. Métodos de irrigação e quimigação. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006.
- BERNARDO, S., SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8.ed. Viçosa: UFV, 2006.

- LOURO, P. V. C. Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado e controlado por aplicativo para um quintal produtivo. Divinópolis: CEFET-MG, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agricultura irrigada. Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1081898/1/AgriculturaIrrigada.pdf>.
- AZNAR, F. E.; RIZK, M. C. A água e a olericultura em Pirapozinho – SP. *Ateliê Geográfico*, Goiânia, v. 16, n. 2, p. 244–255, 2022.
- HUA, L. et al. Effects of Different Nozzle Orifice Shapes on Water Droplet Characteristics for Sprinkler Irrigation. *Horticulturae*, v. 8, n. 6, p. 538, 1 jun. 2022.
- ANTUNES, A. D.. Avaliação da uniformidade de distribuição de água e eficiência de aplicação de um sistema de irrigação por aspersão convencional. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Pampa, Itaqui, RS, 2018.
- TENÓRIO, F. J. C. et al. Economia de água em irrigação por aspersão baseado na definição da velocidade de infiltração. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 271–276, dez. 2008.
- BRUNING, C. A. Avaliação de métodos de controle de vazão em sistemas de irrigação por aspersão convencional com foco na eficiência energética. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.
- BORDIGNON, R. Eficiência energética em sistemas de irrigação por bombeamento. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- SILVA, M. et al. Avaliação da influência de elementos climáticos no desperdício de energia em sistemas de irrigação por aspersão de alta pressão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 26, n. 5, p. 332–338, 2022.
- GONTIJO, G. M. et al. Uso conservativo da água na agricultura irrigada. 2.ed. Brasília, DF: Emater-DF, 2019.
- RODRIGUES, F. B. et al. Avaliação do espaçamento entre aspersores de um sistema de irrigação por aspersão convencional. *Contribuciones a las ciencias sociales*. v. 17, n. 1, p. 764–779, 2024.
- TURCO, J. E. P.; OLIVEIRA, P. J. D. de. Consumo e custo de energia elétrica em cebola irrigada por pivô central afetado por dois métodos de manejo de irrigação. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, Curitiba, v. 16, n. 43, p. 504–515, 2023.
- KUMAR, M. et al. Development of green energy based micro-sprinkler irrigation system for small holdings of SAT region. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 7, p. 100433, 1 abr. 2022.

TAMBO, F.; THEBALDI, M.; LIMA, L. Easyspray: software para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão convencional em regiões moçambicanas. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 17, n. 1, 14 ago. 2020.

TOLEDO, C. E., NOGUEIRA, J. C. M., CAMARGO, A. A. Evaluation of water loss in transit and surface runoff in a Brazilian semi-arid basin. *Revista Ambiente e Agua*, v. 15, p. 1-12, 2020.

O'SHAUGHNESSY, S. A. et al. Identifying Advantages and Disadvantages of Variable Rate Irrigation: An Updated Review. *Applied Engineering in Agriculture*, v. 35, n. 6, p. 837–852, 2019.