



Revisão Sistemática da Literatura Científica sobre o Uso de Sistemas Fotovoltaicos para Bombeamento de Água em Regiões Semiáridas

Fabrcio Higo Monturil de Moraes¹, Marcos Antnio Tavares Lira², Wilza Gomes Reis Lopes³

¹Mestre em Engenharia Eltrica, Professor do Ensino Bsico, Tcnico e Tecnolgico do Curso Tcnico em Eletrotcnica do Instituto Federal de Educao, Cincia e Tecnologia do Piau, Campus Teresina-Central, Departamento de Indstria, Segurana e Produo Cultural, Bairro Centro, Teresina, Piau, Brasil, CEP 64000-400. E-mail: fabrcio@ifpi.edu.br (autor correspondente). ²Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Professor Adjunto II do Curso de Engenharia Eltrica da Universidade Federal do Piau, Campus Petrnio Portela, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Eltrica, Bairro Ininga, Teresina, Piau, Brasil, CEP 64049-550. E-mail: marcoslira@ufpi.edu.br. ³Doutora em Engenharia Agrcola, Professora Titular do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Piau, Campus Petrnio Portela, Centro de Tecnologia, Departamento de Construo Civil e Arquitetura, Bairro Ininga, Teresina, Piau, Brasil, CEP 64049-550. E-mail: wilza@ufpi.edu.br.

Artigo recebido em 08/05/2024 e aceito em 27/10/2024

RESUMO

Diversos estudos cientficos vm sendo publicados envolvendo o uso da energia solar fotovoltaica para bombeamento de gua. Esta pesquisa busca identificar e analisar a produo cientfica relacionada a utilizao dos sistemas fotovoltaicos para bombeamento de gua em regies semiáridas, por meio de uma reviso sistemática da literatura cientfica publicada no perodo de 2014 a 2023. A pesquisa se deu atravs de busca nas bases *Web of Science*, *Scopus*, *Science Direct*, e no site Google Acadêmico, considerando artigos publicados em peridicos revisados por pares. Nas bases de dados utilizou-se como *string* de busca as palavras “*photovoltaic*”, “*water pumping*” e “*semiarid*”, separadas pelo operador booleano *AND*, para recuperar artigos cientficos internacionais. Já no site do Google Acadêmico, os mesmos termos foram inseridos em portugus, para se recuperar artigos cientficos nacionais. Foi utilizado o mtodo PRISMA 2020, utilizando-se de critrios especficos de incluso e excluso para a composio de um banco final de artigos. Foram aplicadas ferramentas da Bibliometria e da Cienciometria, tendo-se, assim, uma viso holística das pesquisas relacionadas com a temtica, atravs da sua evoluo e das principais contribuies dos estudos. Constatou-se um baixo volume de publicaes, sendo a maioria dos estudos, de cunho tcnico. Tendo em vista as reas temáticas discutidas nesta pesquisa, percebe-se que ainda existe espao para novos estudos cientficos, principalmente no campo das pesquisas sociais aplicadas e das pesquisas ambientais com foco no cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica, Publicao Cientfica, Prisma 2020, reas Temáticas.

Systematic Review of Scientific Literature on the Use of Photovoltaic Systems for Pumping Water in Semiarid Regions

ABSTRACT

Several scientific studies have been published involving the use of photovoltaic solar energy for water pumping. This research seeks to identify and analyze the scientific production related to the use of photovoltaic systems for pumping water in semi-arid regions, through a systematic review of the scientific literature published from 2014 to 2023, at national and international level. The research was carried out by searching the Web of Science, Scopus, Science Direct and Google Scholar databases, considering articles published in peer-reviewed journals. The search string used in the databases were the words "photovoltaic", "water pumping" and "semiarid", separated by the Boolean operator AND, to retrieve international scientific articles. On the Google Scholar website, the same terms were entered in portuguese to retrieve national scientific articles. The PRISMA 2020 method was used, using specific inclusion and exclusion criteria to compose a final database of articles. Bibliometrics and scientometrics tools were applied, thus providing a holistic view of research related to the subject, through its evolution and the main contributions of the studies. A low volume of publications was found, with the majority of studies being of a technical nature. In view of the thematic areas discussed in this research, it can be seen that there is still room for new scientific studies, especially in the field of applied social research and environmental research with a focus on meeting the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy, Scientific Publishing, Prisma 2020, Thematic Areas.

Introdução

Uma das aplicações mais importantes da tecnologia solar fotovoltaica é o bombeamento de água. Desde as últimas décadas, os sistemas de bombeamento de água que utilizam energia solar fotovoltaica vêm se tornando muito populares, mostrando potencial para diversas aplicações (Pandey et al., 2016). Dentre as principais aplicações, podem ser citadas: uso residencial individual, distribuição em pequenas comunidades rurais para prover o consumo animal, utilização em sistemas de irrigação (Carvalho et al., 2018), além de utilização da água armazenada em reservatórios para uso posterior (Muralidhar & Rajasekar, 2021).

Em muitos locais é comum a utilização de bombas a diesel para retirar água de poços, porém esses sistemas requerem manutenção frequente no local, e muitas vezes o diesel para reabastecimento não está disponível nessas localidades, o que pode trazer altos custos (Benghanen et al., 2013). O aumento do preço da eletricidade, a tendência mundial de eliminação das fontes combustíveis fósseis e a diminuição dos preços da tecnologia fotovoltaica tornaram possível que este tipo de sistemas chegasse ao mercado (Carrêlo et al., 2020).

Assim, tendo em vista o contexto das alterações climáticas, enquanto preocupação mundial, a transição energética de sistemas de energia movidos combustíveis fósseis por sistemas que utilizam fontes renováveis, é a solução que vem sendo proposta, por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, em especial pelo ODS 7 que trata sobre a Energia Limpa e Acessível (Moita Neto et al., 2024). O ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima, também se faz importante por se relacionar diretamente com este e com outros ODS, pois tem como pano de fundo ações de mitigação, adaptação e resiliência climática, desenvolvidas com base em diferentes saberes, valorização das culturas dos povos, conexões com a ciência, parcerias entre o Estado e o mercado, e a ampliação dos espaços de debate (Fernandes, 2024).

A principal inovação da Agenda 2030 é a introdução de um modelo de desenvolvimento sustentável que promove o crescimento econômico sem comprometer a proteção ambiental e o desenvolvimento social (Nardone, 2023). Assim, a Agenda 2030 é tida como um dos mais importantes documentos ambientais da atualidade devido à sua proposta de buscar melhorias para a humanidade, por meio de objetivos direcionados ao desenvolvimento de atitudes positivas tendo em

vista os âmbitos individual e coletivo (Almeida et al., 2021).

Dessa forma, a energia solar fotovoltaica vem ganhando cada vez mais força tornando-se uma das alternativas mais interessantes para a adaptação das populações às mudanças climáticas, em especial para a população vulnerável das regiões de clima semiárido (Saavedra et al., 2021).

As regiões semiáridas cobrem cerca de 40% da terra e são altamente sensíveis aos efeitos danosos das mudanças climáticas. Além de alterações naturais no clima, existe o processo de desertificação, que, juntos, diminuem os níveis de precipitação, aumentam a temperatura do ar, alteram a biodiversidade e aumentam o grau de pobreza das populações (Silva et al., 2023). Além das condições climáticas naturais severas, a intensa degradação ambiental também vem causando impactos negativos na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos (Santos et al., 2023).

De acordo com Fonseca et al. (2021), a demanda global por eletricidade vem crescendo continuamente, em especial nas regiões semiáridas, devido à necessidade de eletrificação rural e pelo crescimento econômico experimentado por alguns países. A estratégia de incorporar centrais produtoras movidas a fontes de energias renováveis nessas regiões, em especial a solar fotovoltaica, visa garantir um futuro sustentável, permitindo o aumento da renda na região, tornando a população menos vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas.

Nesse contexto, como pontos positivo, a tecnologia solar fotovoltaica tem baixa necessidade de manutenção, vida útil longa, facilidade de instalação e baixos custos operacionais, que podem compensar os custos de aquisição, caso seja instalado em locais que demonstrem alto potencial solar (Benghanen et al., 2013). Dessa forma, combinando acesso, distribuição e uso, podem trazer altos retornos em um prazo curto, promovendo desenvolvimento agrícola de comunidades rurais, e a quebra do ciclo da baixa produtividade das culturas, bem como uma fuga sustentável da pobreza (Burney & Naylor, 2012). Apesar dos impactos positivos, ainda há uma série de entraves comuns que, ainda devem ser solucionadas como a falta conhecimento da população sobre a tecnologia, desenvolvimento do mercado fotovoltaico de bombeamento na região, e falta de assistência técnica aos produtores agrícolas para uma melhor gestão dos sistemas (Valer et al., 2013).

Logo, os sistemas de bombeamento de água utilizando energia solar fotovoltaica compõem uma

tecnologia que demonstra potencial para fornecer água de boa qualidade em locais não atendidos pela rede elétrica convencional (Pandey et al., 2016). Ainda, segundo Roblin (2016), a instalação de bombas solares em regiões áridas faz parte de muitos projetos de desenvolvimento, visando aumentar a produtividade dos agricultores locais, melhorando suas condições de vida, permitindo que produzam durante todo o ano, mesmo na estação seca e, assim, aumentem os seus rendimentos e reforcem a sua posição no mercado local.

Por outro lado, segundo Almeida et al. (2021), a necessidade de uma produção energética sustentável por meio de fontes renováveis de energia propicia o aumento do número de pesquisas científicas, envolvendo o alinhamento de aspectos técnicos, ambientais, sociais e econômicos. Desta forma, este artigo busca responder aos seguintes questionamentos científicos: como vem ocorrendo a publicação científica relacionada à utilização da energia solar fotovoltaica para bombeamento de água em regiões semiáridas, nos últimos 10 anos? Quais as principais temáticas abordadas nessas pesquisas? De forma geral, qual a principal lacuna científica deixada por esses estudos?

Diversos estudos se concentraram em expor aspectos de viabilidade econômica (Chandel et al., 2015), operação dos sistemas de bombeamento fotovoltaico e comparativos com outras tecnologias (Wazed et al. 2017), características técnicas e componentes (Aliyu et al., 2018), estudos redução das perdas e aumento da eficiência (Hadwan & Alkholidi, 2018), formas de incorporação aos sistemas de irrigação (Singh et al., 2021), formas de controle do consumo de água (Haupenthal et al., 2021), além de vantagens e desvantagens (Pereira, 2021).

Porém percebe-se que nenhum desses estudos se preocupou em expor o estado atual das pesquisas e a sua evolução em termos de quantidade e qualidade (principais periódicos, frequência de publicação, autores que mais publicam) organizando-as em subáreas temáticas, e apresentando as lacunas existentes de forma geral. Todos são focados em um determinado tema específico. Além disso, a maioria das pesquisas não focam em zonas específicas em que os sistemas de bombeamento fotovoltaico são empregados para fins de desenvolvimento sustentável, como por exemplo, as regiões semiáridas, onde existe uma grande parcela vulnerável da população com demanda crescente por este tipo de tecnologia, como dito anteriormente.

Assim, acredita-se na importância da realização constante dos estudos de revisão sistemática da literatura, pela contribuição na síntese de descobertas recentes, posicionando uma pesquisa em relação ao debate acadêmico, “situando os pesquisadores em relação a verdadeira contribuição do estudo e em alguns casos estendendo as teorias existentes” (Chueke e Amatucci, 2015, p. 2).

De acordo com Moraes e Kafure (2020), ao propor um determinado estudo, um pesquisador necessita fazer um levantamento bibliográfico, por meio do qual irá mapear os principais autores, fontes bibliográficas de trabalhos já desenvolvidos, além de abordagens teóricas e metodológicas, relacionados à temática a ser desenvolvida. Camargo e Barbosa (2018), afirmam que esta tarefa pode ser desafiadora tendo em vista que o volume de informações científicas cresce além da capacidade de processamento humana. A bibliometria e a cienciometria possuem um poderoso conjunto de ferramentas e técnicas para o estudo e análise sistemática da produção científica, que levam à compreensão holística da ciência trazendo informações úteis aos seus diversos agentes.

Para Pitilin e Sanches (2020), a análise bibliométrica é o método que pode ser utilizado para captar toda a produção científica relacionada a uma temática específica. De acordo com Soares et al. (2016), esta técnica se baseia na contagem de artigos científicos registrados em repositórios de dados, relacionando os autores e instituições mais produtivos e periódicos mais utilizados, e determinada área do conhecimento. Já a Cienciometria busca analisar a produção científica por meio de aspectos quantitativos, mensurando a produção científica, com foco no seu desenvolvimento (Viçosi et al., 2018), utilizando-se de indicadores numéricos e análises estatísticas (Razera, 2016). Assim, segundo Camargo e Barbosa (2018, p. 113), “a bibliometria fornece uma visão da produtividade e da qualidade das pesquisas e a cienciometria favorece a noção das temáticas e caminhos que se encontram na pauta da exploração científica”.

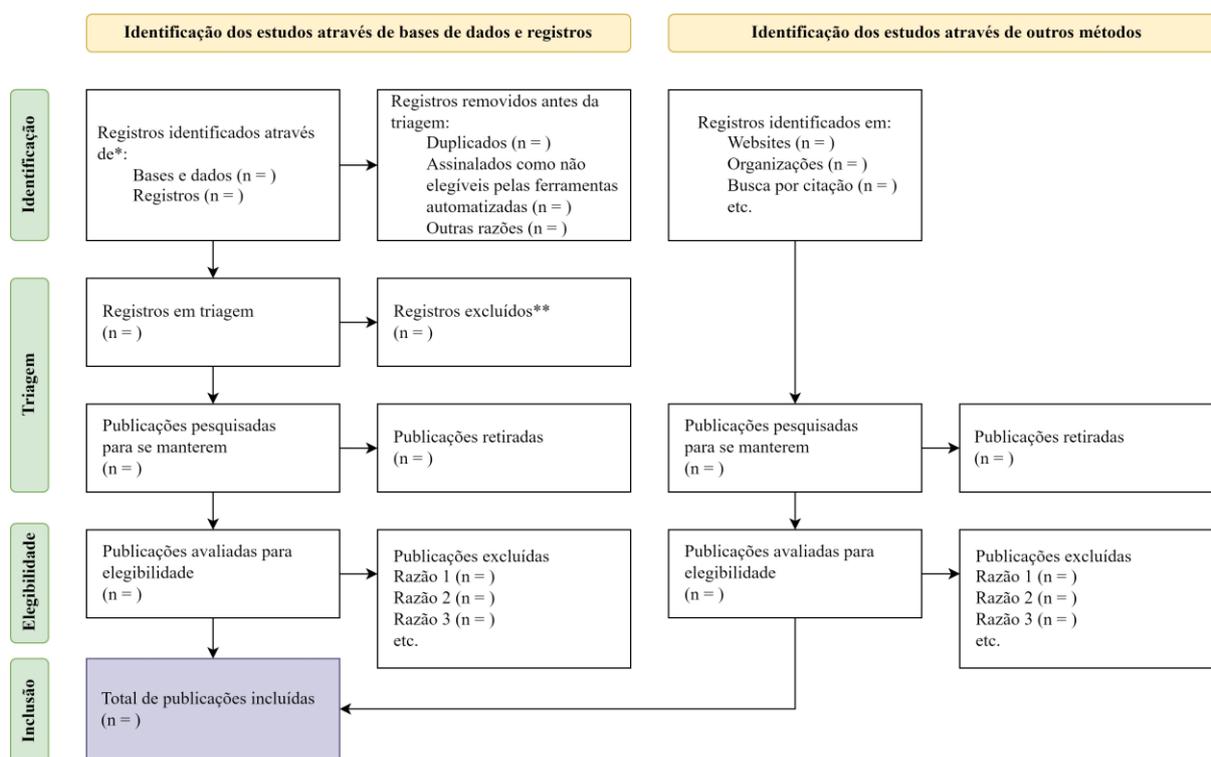
Logo, este trabalho tem como objetivo identificar e analisar a produção científica relacionada à utilização dos sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água em regiões semiáridas, por meio de uma revisão sistemática da literatura científica publicada no período de 2014 a 2023.

Desenvolvimento

O presente estudo consiste em uma pesquisa bibliográfica com abordagem quali-quantitativa, realizada por meio de uma revisão sistemática da literatura científica. Para a análise de como os sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água vem sendo utilizados em regiões semiáridas, foi utilizado o método PRISMA 2020 (do inglês, *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*). Este método consiste de uma lista de verificação de 27 itens, bem como o diagrama de fluxo, que auxiliam no desenvolvimento de revisões sistemáticas

confiáveis e com aplicabilidade dos seus resultados (Page et al., 2022).

O Método PRISMA 2020 foi aplicado nesta pesquisa por meio de 4 fases distintas e sequenciadas, sendo elas: Identificação, Triagem, Elegibilidade e Inclusão, que se encontram devidamente detalhadas na Figura 1. De forma paralela foi feita a identificação de estudos internacionais através das bases de dados *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*, bem como de estudos nacionais através site do Google Acadêmico.



* Se possível, refira o número de documentos identificados por cada base de dados ou protocolo procurado (em vez de assinalar só o número total de todas as bases de dados/protocolos registados).
 ** Se foram utilizadas ferramentas automatizadas, indique quantos documentos foram excluídos por mão humana e quantos foram excluídos através das ferramentas automatizadas.

Figura 1. Diagrama de fluxo da aplicação do método PRISMA 2020 nesta pesquisa. Fonte: Adaptado de Page et al. (2022).

Vale a pena ressaltar que os termos de busca foram inseridos em inglês com o intuito de recuperar uma quantidade maior de trabalhos, haja visto que a maioria das bases de dados utilizam a língua inglesa (Moraes & Kafure, 2020), e a utilização dos termos em português faria com que a busca fosse limitada, restringindo os resultados (Pitilin & Sanches, 2020), além disso, mesmo que o idioma do artigo seja outra língua, que não o inglês, muitos periódicos exigem que tanto o título, quanto o resumo, sejam apresentados em inglês (Cintra, 2018).

Em seguida, já na fase de Triagem, foi feita nova filtragem em cada uma das bases para que fossem recuperados apenas artigos científicos, sendo excluídos livros, capítulos de livros, artigos de eventos, resumos expandidos, e outros materiais que em sua maioria não passaram por um processo rigoroso de avaliação, que inclui a revisão por pares. De acordo com Santos (2021, p. 41-42), “historicamente, a reputação do periódico e a revisão por pares têm sido sinalizadores importantes de credibilidade [...], e a avaliação por pares continua sendo uma etapa importante para

conferir credibilidade ao empreendimento científico”.

De acordo com Donato e Donato (2019), é importante que os autores definam explicitamente os estudos que irão selecionar e os que serão excluídos. Além disso é necessário buscar publicações duplicadas de modo que estas não são tratadas na revisão como estudos separados. Dessa forma os artigos foram reunidos no gerenciador de bibliografia EndNote, para que fossem identificados artigos repetidos e realizada a

exclusão de suas duplicatas, considerando a exatidão do título, autoria e ano das publicações.

Feita a exclusão das duplicatas, ainda dentro do gerenciador, deu-se início à fase de Elegibilidade, em que foram lidos os títulos, os resumos e as palavras-chave dos artigos restantes, sendo selecionados apenas aqueles que estavam diretamente relacionados com a temática do estudo. Buscando atender ao requisito de aderência dos artigos à temática, foram considerados os critérios de Inclusão e Exclusão, descritos no Quadro 1.

Quadro 1. Critérios de inclusão e exclusão dos artigos analisados.

Critério adotado	Inclusão	Exclusão
Apresenta pelo menos um dos termos de busca no título	X	
Apresenta pelo menos um dos termos de busca no resumo	X	
Apresenta pelo menos um dos termos de busca nas palavras-chave	X	
Não é trabalho sob temas relacionados		X
O artigo tem pouca aderência aos descritores primários		X
Não há aplicação específica no bombeamento de água		X

Fonte: Adaptado de Rocha et al. (2022).

Tendo como base em tais pressupostos, foram selecionados os artigos que atendiam a pelo menos um dos critérios de inclusão, bem como o não atendimento a todos os critérios de exclusão. Ressalta-se que as exclusões desta fase foram realizadas de forma independente e imparcial pelos autores, e as diferenças encontradas foram resolvidas de forma consensual.

A busca paralela realizada no Google Acadêmico percorreu as mesmas fases, e foi realizada, pois considerou-se que muitos artigos de periódicos nacionais importantes não estão indexados em bases científicas, pois, conforme Mugnaini et al. (2019), pesquisas de aspectos quantitativos da ciência que não consideram a produção científica não indexada apresentam significativa limitação, trazendo resultados incompletos, haja vista que uma parte significativa da produção científica em algumas áreas como as ciências humanas e sociais, provém de periódicos nacionais.

Foi a utilizada a mesma *string* das bases científicas, porém com os termos em português

(“fotovoltaica” AND “bombeamento de água” AND “semiárido”) e considerando todo tipo e publicação. A filtragem para recuperar apenas artigos científicos foi feita manualmente verificando-se o local de arquivamento da publicação. Ressalta-se que nenhum filtro de data ou período de publicação foi inserido na busca, e, com relação aos critérios de triagem e elegibilidade, na própria plataforma era possível fazer a análise de duplicidade, bem como a relação com o tema.

Já na Fase de Inclusão, foram selecionados apenas os artigos que o texto completo em pdf estava disponível para acesso, e para a construção do Banco de Artigos. Após essa etapa, foi dado início a leitura dos artigos e realizada as extrações e análise dos dados referentes às publicações. Esse processo, foi feito com base nas leis que regem os estudos da bibliometria (Quadro 2), pois, de acordo com Chueke e Amatucci (2015), o atendimento às premissas dessas leis é o que traz rigor aos estudos de revisão sistemática da literatura.

Quadro 2. Leis que regem os estudos bibliométricos.

Lei	Medida	Critério	Objetivo Principal
Lei de Bradford	Grau de atração do periódico	Reputação do periódico	Identificar os periódicos mais relevantes e que dão maior vazão a um tema em específico.
Lei de Zipf	Frequência de palavras-chave	Lista ordenada dos temas	Estimar os temas mais recorrentes relacionados a um campo de conhecimento.
Lei de Lotka	Produtividade do autor	Tamanho – Frequência	Levantar o impacto da produção de um autor numa área de conhecimento.

Fonte: Chueke e Amatucci (2015, p. 3)

Após a finalização da aplicação do método PRISMA 2020, e da construção do banco final de artigos a serem analisados, foram obtidas e avaliadas a frequência anual das publicações, as principais áreas de aplicação, os periódicos que mais publicaram artigos versando sobre a temática em estudo, bem como a qualificação da produtividade dos principais autores, por meio do seu Índice-H. Os periódicos foram avaliados com base em seu Fator de Impacto, *Journal Impact Factor* (JIF), seu Índice de Citação, *Journal Citation Indicator* (JCI), e o número de citações, informados na plataforma *Journal Citation Reports* (JCR), do *Institute for Scientific Information* (ISI), para o ano de 2022.

Por fim, foi feita uma análise de conteúdo das produções científicas, de acordo com as principais áreas temáticas encontradas, com foco nas pesquisas que evidenciam a utilização de sistemas de bombeamento em áreas rurais semiáridas, buscando situar as pesquisas em relação às suas contribuições, apresentando, assim, novos *insights* e possibilidades de pesquisa. Para Rocha et al. (2022) este tipo de revisão pode ser chamado de Revisão de Escopo, pois busca a localização dos estudos existentes, bem como a análise e avaliação das contribuições dessas pesquisas.

Resultados e discussão

Composição dos SFV

Um sistema de bombeamento fotovoltaico (SBF) usa a energia solar como a principal fonte de energia elétrica para alimentar uma bomba motorizada, para retirar água do subsolo ou de algum tipo de reservatório (Mwansa et al., 2017). Ou seja, a luz solar é convertida em eletricidade. Esta, por sua vez, é convertida em energia

mecânica, que finalmente é convertida em energia hidráulica (Kumar et al., 2020). Segundo Villalva (2015, p.128) em um sistema ideal “toda a energia produzida pelo painel fotovoltaico é diretamente fornecida à bomba e armazenada na forma de água no reservatório localizado no nível superior”. Os SBF têm como principal vantagem o fato de não exigirem custos com combustíveis, como gasolina e diesel. Dessa forma, vêm ganhando popularidade em regiões com dificuldades de acesso à energia elétrica e água, principalmente localidades rurais e remotas (Verma et al., 2021).

Um SBF é constituído basicamente por um gerador fotovoltaico, um mecanismo de condicionamento de potência e um conjunto motor-bomba (Chandel et al., 2015). O gerador fotovoltaico consiste em um ou mais módulos fotovoltaicos, que estão conectados em série ou em paralelo, para produzir níveis de potência mais altos, fornecendo a tensão desejada para a bomba (Li et al., 2017). Os módulos são compostos por um agrupamento de várias células feitas de materiais semicondutores que geram corrente contínua, que por sua vez é convertida em corrente alternada pelo Inversor, podendo então ser usada pela bomba ou armazenada em um banco de baterias (Kumar et al., 2020).

Na Figura 2 pode ser visto um modelo de SBF típico para fornecimento de água para consumo humano e animal, ou irrigação para cultivos. Esse tipo de sistema de bombeamento tem como principal vantagem o baixo custo, o aumento da vida útil do sistema e a redução das necessidades de manutenção, haja visto a dispensa do uso de baterias. Além disso, as bombas estão disponíveis comercialmente nas versões tanto para poços, quanto para reservatórios, como cisternas e caixas d’água, sendo que existem uma caixa contendo um *driver* de controle que faz a conexão entre o módulo e a bomba (Villalva, 2015).

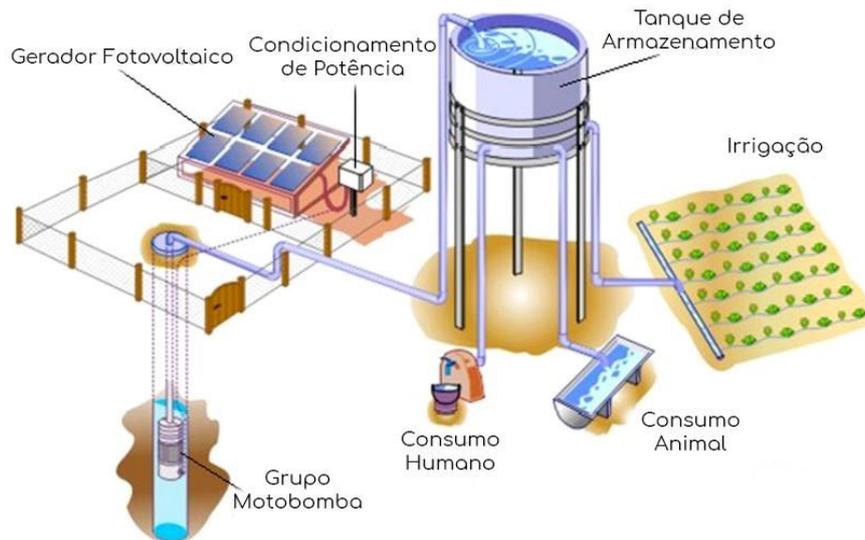


Figura 2. Configuração básica de um SBF para fornecimento de água. Fonte: Adaptado de Valer et al. (2016).

Atualmente existem diversas configurações para os SBF, porém as mais utilizadas podem ser vistas na Figura 3. Os sistemas mais simples são compostos por um ou mais módulos fotovoltaicos conectados diretamente ao conjunto motor bomba em CC. Normalmente essa configuração é utilizada em

sistemas com potências pequenas (de 50 a 400Wp) e possui um baixo custo de implantação. Já os sistemas mais complexos utilizam dispositivos de condicionamento de potência entre os módulos fotovoltaicos e a motobomba, como o controlador de carga (para cargas CC) e/ou o inversor (para cargas CA) (Pereira & Mendes, 2019).

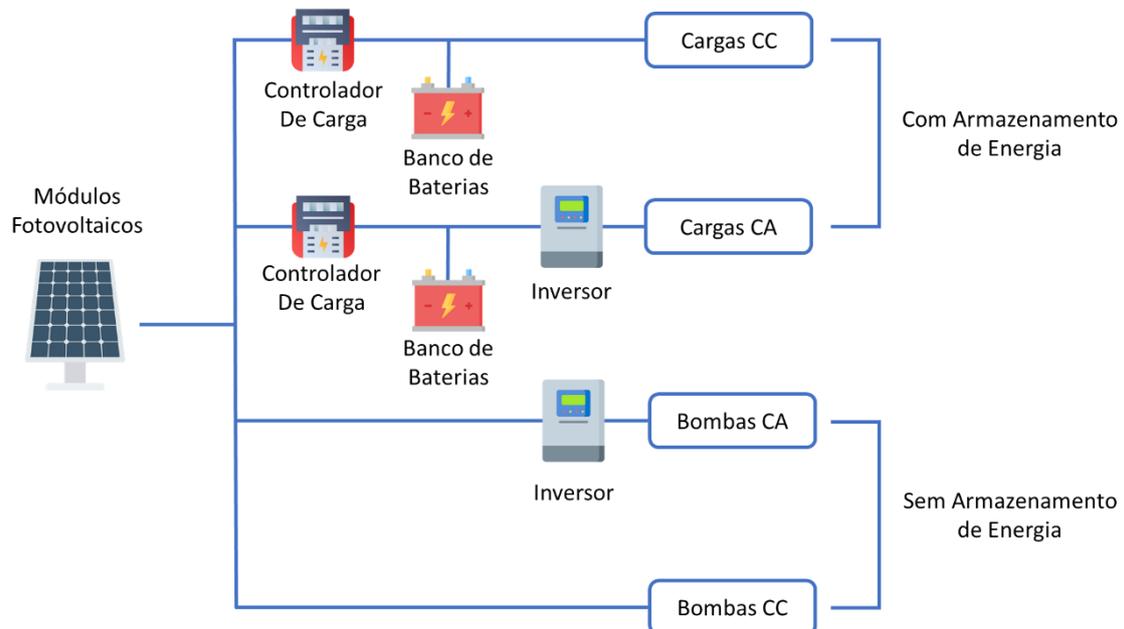


Figura 3. Configurações de um sistema fotovoltaico para bombeamento. Fonte: os autores (2024).

Via de regra, o sistema pode ou não utilizar baterias para armazenar energia, pois pode existir um depósito de água atuando no armazenamento da água coletada para uso posterior (Chandel et al., 2017). Dessa forma, os sistemas podem ser classificados, quanto a presença do grupo de baterias, como direto e indireto, sendo este último, o que se utiliza desse artifício para armazenar

energia (Pereira, 2021). As baterias são utilizadas para armazenar a energia que é gerada durante o dia para uso noturno, ou para alimentar a bomba para transportar a água durante o dia em casos que não se tem geração fotovoltaica suficiente. A capacidade de armazenamento das baterias dependerá da quantidade de horas de operação do sistema sem a geração fotovoltaica (Kumar et al.,

2020). As configurações que possuem bancos de baterias possuem como desvantagem o custo de manutenção, haja visto que a vida útil das baterias é bem menor que a dos módulos fotovoltaicos. Isso pode também elevar os custos para a sua implantação. Normalmente são utilizadas em locais isolados da rede elétrica convencional (Villalva, 2015).

A eletricidade necessária para a maioria dos equipamentos elétricos de uma instalação elétrica normalmente é em Corrente Alternada (CA), enquanto a maioria das bombas de água disponíveis no mercado requerem uma entrada elétrica em Corrente Contínua (CC). Portanto, há a necessidade de condicionar a energia gerada para que possa alimentar corretamente a bomba d'água (Aliyu et al., 2018). O sistema de acondicionamento de potência consiste em controlador de carga, que é usado para carregar baterias evitando que sejam sobrecarregadas e parando o processo de carregamento quando as baterias estão totalmente carregadas; do inversor, que converte a energia contínua gerada pelos módulos fotovoltaicos em energia alternada, necessária para operação da bomba; e da unidade de armazenamento de energia (Li et al., 2017).

As bombas d'água bombeiam a água para um tanque, instalado geralmente a uma altura que possibilite o aproveitamento do fluxo por gravidade. Essa diferença de altura entre o nível da água e o tanque, e a vazão, são os parâmetros a serem considerados na seleção da bomba. Geralmente podem ser do tipo submersíveis, instaladas e poços profundos; de superfície, para a extração de água em poços rasos e águas superficiais, como rios, lagos e lagoas; e flutuantes, que ajustam a altura de acordo com o nível do reservatório. A sua especificação é de acordo com a potência nominal e acessórios adicionais, como filtros, válvulas de boia e interruptores (Verma et al., 2021).

Diversos tipos de motores podem ser utilizados em sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água, como pode ser visto na Figura 4, podendo ser do tipo AC, utilizados para aplicações de alta potência (geralmente, acima de 7kW), que necessitam do inversor, e CC, que podem se conectar diretamente aos módulos fotovoltaicos. A seleção do motor depende de alguns requisitos como preço, disponibilidade, confiabilidade, preço e eficiência (Gopal et al., 2013).

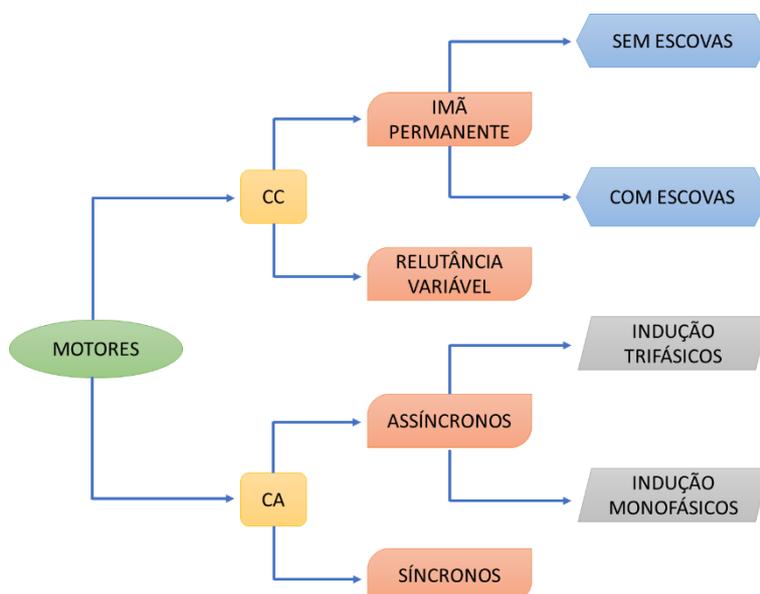


Figura 4. Principais motores elétricos utilizados em SBF. Fonte: os autores (2024).

Os motores CC utilizados em sistemas de bombeamento são do tipo sem escova e de ímã permanente e os motores AC são do tipo síncrono ou de indução (Periasamy et al., 2015). Vale a pena ressaltar que o uso de escovas em motores do tipo CC reduz sua durabilidade e confiabilidade aumentando o custo de manutenção. Além disso os motores CC, embora sejam mais caros, são mais eficientes, tendo em vista que as perdas na

conversão de energia se reduzem pelo fato de serem alimentados diretamente pelos módulos fotovoltaicos (Muralidhar & Rajasekar, 2021).

Aplicação do Método PRISMA 2020

A busca realizada na fase de identificação recuperou um total de 747 publicações, sendo 200 na base *Science Direct*, 72 publicações na *Scopus*,

10 na *Web of Science* e 465 publicações no Google Acadêmico. Percebe-se a maioria das referências indexadas nas três bases científicas, é composta na sua maioria por artigos científicos de periódicos (incluindo artigos de revisão e artigos de pesquisa), chegando a 87,6 % do total de publicação das três bases juntas. A base com maior quantidade de artigos indexados é a *Science Direct* (70 % do total de artigos de periódicos das três bases), como pode ser visto na Figura 5. Já no Google Acadêmico, a pesquisa recupera, em sua maioria, trabalhos de conclusão de curso (Monografias de Graduação e Especialização, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado), que totalizam cerca de 75,5 % do total.

Para Machado Junior et al. (2016), as teses e dissertações também compõem uma importante contribuição para levantamento teórico, tendo em vista o rigor e padrões exigidos pela ciência. Segundo Gunnell et al. (2022), tais documentos são considerados como literatura cinzenta, normalmente sendo desconsiderados das revisões sistemáticas por ainda não terem sido apreciados em um processo de revisão por pares em periódicos científicos. Porém, também são estudos relevantes, em especial no âmbito de novas temáticas que poderão não ser publicadas em periódicos científicos, sendo assim, sujeitas ao processo de revisão por pares.

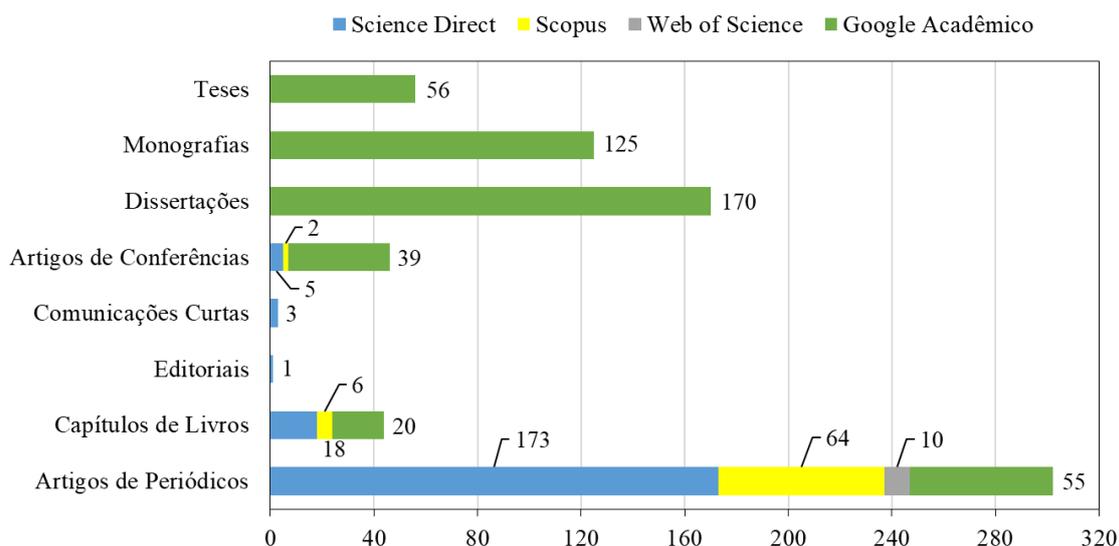


Figura 5. Tipo de publicações recuperadas inicialmente nas das bases científicas e no Google Acadêmico. Fonte: os autores (2024).

Na Figura 6 pode ser visto o fluxograma da aplicação do método PRISMA 2020, com a descrição da quantidade inicial de trabalhos recuperados, número de artigos excluídos em cada uma de suas etapas de seleção, bem como da quantidade restante ao final do processo.

Na fase de Triagem, o refinamento inicial aplicado para selecionar apenas artigos científicos publicados em periódicos e que passaram por uma revisão por pares, resumiu a quantidade inicial para 306 publicações. Vale a pena ressaltar que se deu

preferência por este tipo de publicação, porque, segundo Guimarães e Bezerra (2019), artigos científicos apresentam padrões rigorosos de pesquisa, sendo fontes fidedignas para a extração de informações. Ainda, de acordo com Pedri & Araújo (2021), artigos que passaram pelo processo de revisão por pares, em especial pela revisão tradicional às cegas, têm mais credibilidade entre a comunidade científica. Também foi feita nesta fase a exclusão das duplicatas, em que 15 trabalhos foram excluídos.

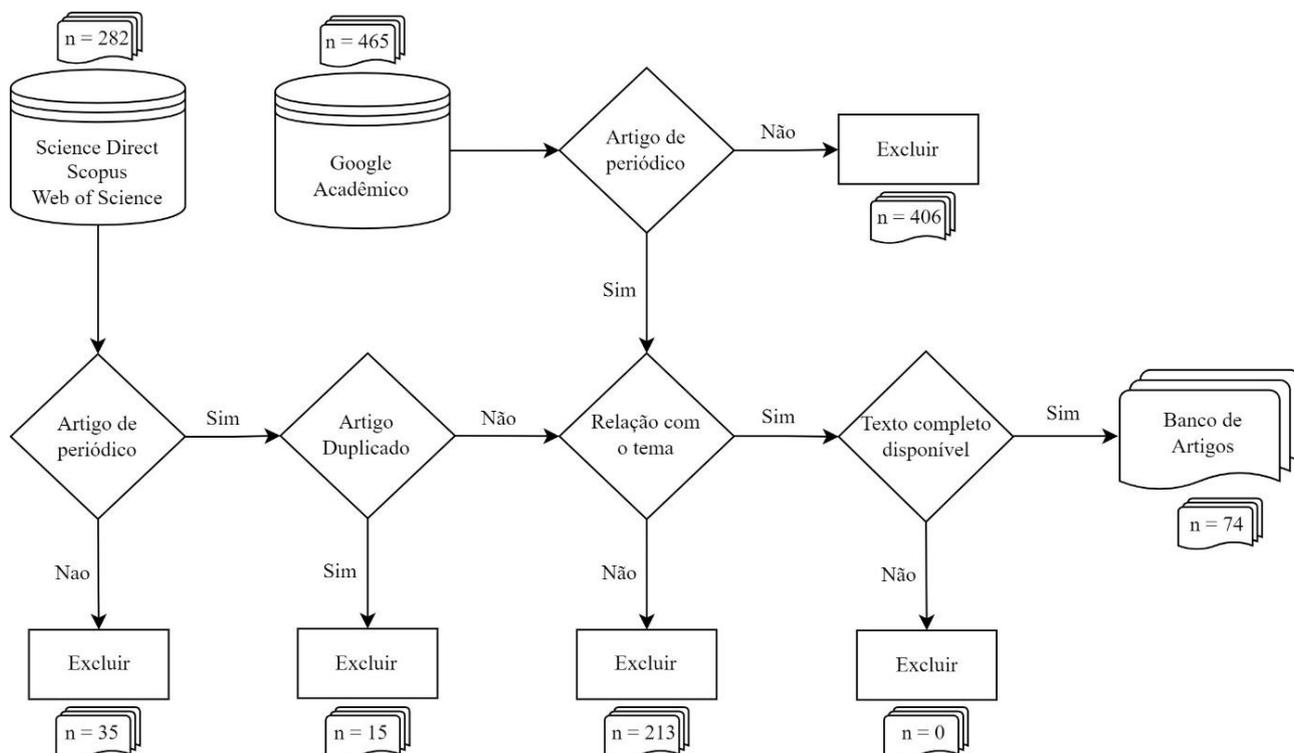


Figura 6. Apresentação resumida dos resultados da aplicação do Método PRISMA. Fonte: os autores (2024).

Já na fase de Elegibilidade, foi feita a aplicação dos demais critérios de exclusão e inclusão que as relacionam diretamente com o tema (213 artigos excluídos). A verificação da disponibilidade de acesso ao texto completo, em que nenhum artigo foi excluído, encerrou a fase de Inclusão. Dessa forma, a aplicação do Método PRISMA 2020 resultou em um Banco de final composto por 74 artigos científicos.

Análise Bibliométrica

Na Figura 7, apresenta-se a frequência de publicação dos artigos que foram incluídos na amostra final. Percebe-se que houve uma tendência geral de crescimento das publicações entre os anos de 2014 e 2023, com uma média de 7,4 artigos por

ano. Para Silva e Brandão (2020), esse crescimento nas publicações pode ser explicado pelo aumento na quantidade de oferta de cursos de pós-graduação, que deve ser cada vez mais incentivada e valorizada. Ressalta-se que apenas os anos de 2018, 2020 e 2021 apresentaram uma quantidade de publicações maior que a média. Destaca-se, ainda, o ano de 2021, com 16 trabalhos publicados, e o ano de 2023, em que foram publicados apenas três trabalhos. Esta quantidade de publicações é muito baixa, o que, segundo Cardoso et al. (2019), constitui-se como uma lacuna científica para o tema, demonstrando espaço para novas publicações e estudos relacionados às aplicações da energia solar fotovoltaica em regiões semiáridas, em especial, ao bombeamento de água, quando analisado dentro do nexos água-energia-alimentos.

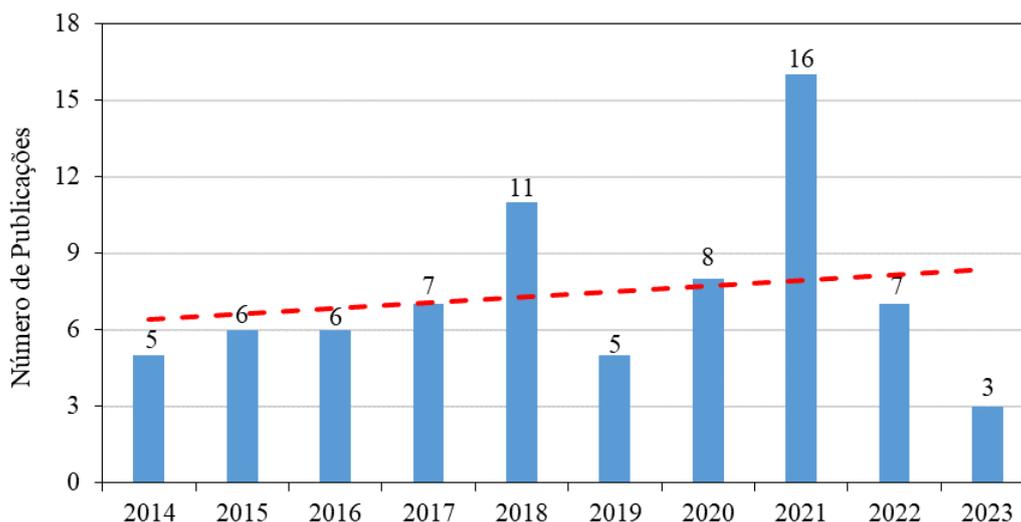


Figura 7. Frequência de publicação dos artigos científicos nos últimos 10 anos (2014-2023). Fonte: os autores (2024).

Na Tabela 1 podem ser vistos os periódicos nos quais os artigos foram publicados, bem como seu Fator de Impacto avaliado no ano de 2022, Índice de Citação e quantidade total de citações. Destacam-se os periódicos *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, com maior número de publicações (8 artigos) e maior Fator de Impacto (15.9), *Science of The Total Environment*, com maior quantidade de citações (372205 citações), e *Energy Conversion and Management* com maior Índice de Citação (2.03). Para Cardoso et al.

(2019), a publicação de artigos em periódicos reconhecidos é imprescindível no cotidiano da pesquisa científica, sendo o Fator de Impacto da JCR, um dos índices mais importantes e antigos na contagem de citações. Segundo Schumann e Calabró (2024) o Fator de Impacto normalmente é consultado pelos pesquisadores para a escolha do periódico de publicação de seus artigos, por ser um dos principais indicadores de qualidade das revistas, sendo também utilizado como medida de desempenho científico entre os pesquisadores.

Tabela 1. Periódicos de publicação, fator de impacto JIF, JCI e total de citações no ano de 2022.

Periódico	ISSN	Artigos	JFI	JCI	Citações
<i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	1364-0321	8	15,9	1,74	168.341
<i>Energy Conversion and Management</i>	0196-8904	5	10,4	2,03	101.917
<i>Renewable Energy</i>	0960-1481	5	8,7	1,4	105.268
<i>Applied Energy</i>	0306-2619	4	11,2	1,65	156.087
<i>Agricultural Water Management</i>	0378-3774	3	6,7	1,93	30.625
<i>Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente</i>	2314-1433	2	N/A	N/A	N/A
<i>Energy Procedia</i>	1876-6102	2	N/A	N/A	N/A
<i>Irriga</i>	1808-3765	2	N/A	N/A	N/A
<i>Sustainability</i>	2071-1050	2	3,9	0,67	187.953
<i>Sustainable Energy Technologies and Assessments</i>	2213-1388	2	8,0	1,14	14.387
<i>Revista Brasileira de Energia Solar</i>	2526-2831	2	N/A	N/A	N/A
<i>Brazilian Journal of Developmen</i>	2525-8761	1	N/A	N/A	N/A
<i>Clean Technologies and Environmental Policy</i>	1618-954X	1	4,3	0,6	6.679
<i>Concilium</i>	1414-7327	1	N/A	N/A	N/A
<i>Desalination</i>	0011-9164	1	9,9	1,9	55.616
<i>Earth's Future</i>	2328-4277	1	8,2	1,7	6.849
<i>Energies</i>	1996-1073	1	3,2	0,5	103.643
<i>Energy</i>	0360-5442	1	8,9	1,6	155.200
<i>Energy Conversion and Management: X</i>	2590-1745	1	6,3	1,2	1.180

<i>Energy Reports</i>	2352-4847	1	5,2	0,7	19.063
Engenharia Sanitária e Ambiental	1413-4152	1	0,5	0,11	711
<i>Engineering Sciences</i>	2318-3055	1	N/A	N/A	N/A
<i>Evergreen</i>	2189-0420	1	N/A	N/A	N/A
Exatas Online	2178-0471	1	N/A	N/A	N/A
Informe GEPEC	1679-415X	1	N/A	N/A	N/A
<i>International Journal of Electrical and Computer Engineering</i>	1847-6996	1	1,7	0,1	473
<i>International Journal of Energy Research</i>	0363-907X	1	4,6	1,3	23.617
<i>International Journal of Energy Technology and Policy</i>	1472-8923	1	N/A	N/A	N/A
<i>International Journal of Numerical Modelling- Electronic Networks Devices and Fields</i>	0894-3370	1	1,6	0,4	1.227
<i>Irrigation Science</i>	0342-7188	1	3,0	1,0	3.173
<i>Journal of Energy Storage</i>	2352-152X	1	9,4	1,2	35.295
<i>Journal of Environmental Management</i>	0301-4797	1	8,7	1,5	99.689
<i>Latin American Journal of Energy Research</i>	2358-2286	1	N/A	N/A	N/A
<i>Materials Today: Proceedings</i>	2214-7853	1	N/A	N/A	N/A
<i>Mathematical Problems in Engineering *</i>	1024-123X	1	1,4	0,4	17.867
<i>Periodicals of Engineering and Natural Sciences Research, Society and Development</i>	2303-4521	1	N/A	N/A	N/A
<i>Results in Physics</i>	2525-3409	1	N/A	N/A	N/A
<i>Results in Physics</i>	2211-3797	1	5,3	1,1	22.361
Revista Eletrônica de Engenharia Civil	2179-0612	1	N/A	N/A	N/A
Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais	2179-6858	1	N/A	N/A	N/A
Revista Multidisciplinar do Sertão	2675-0945	1	N/A	N/A	N/A
<i>Science of the Total Environment</i>	0048-9697	1	9,8	1,7	372.205
Sinergia	2177-451X	1	N/A	N/A	N/A
<i>Solar Energy Materials and Solar Cells</i>	0927-0248	1	6,9	1,2	36.949
<i>Sustainable Cities and Society</i>	2210-6707	1	11,7	1,9	36.111
<i>Thêma et Scientia</i>	2237-843X	1	N/A	N/A	N/A
<i>Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i>	1002-6819	1	N/A	N/A	N/A
Vértices	1809-2667	1	N/A	N/A	N/A

* – Periódico descontinuado em 2020.

N/A – Não Avaliado no ano de 2022.

Fonte: os autores (2024).

Ressalta-se que a maioria dos periódicos que publicaram artigos dentro da temática estudada, possuem altos fatores de impacto em decorrência da grande quantidade de citações dos mesmos. De acordo com (Soares et al., 2020), a quantidade de citações constitui uma informação importante, indicando a ressonância de um trabalho na comunidade científica, podendo também ser interpretado como medida de eficiência e qualidade de um pesquisador. Porém nem todos os periódicos nos quais trabalhos foram publicados estão avaliados (N/A) pelo ISI (22 periódicos), impossibilitando assim a busca pelos índices de qualidade do periódico, em especial a quantidade de citações, existindo, portanto, uma lacuna na pesquisa científica sobre a temática desta pesquisa.

No entanto, segundo Baptista e Gamboa (2022), cabe ressaltar que a internacionalização das publicações pode não ser tão importante para algumas áreas, como as ciências humanas e sociais, tidas como ciências “moles”, tendo em vista que certos aspectos sociais, ou mesmo educacionais, considerados nestas ciências, podem ter relevância apenas para um país.

No Quadro 3 pode ser vista a avaliação dos periódicos brasileiros, bem como dos internacionais não avaliados pela ISI, em relação ao seu Índice Qualis. Segundo Moraes et al. (2023), este índice é proposto pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), uma fundação brasileira do Ministério da Educação, por meio de um sistema de

classificação, organizado através de índices (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4, C, em ordem

decrecente de relevância) que estratifica os periódicos conforme a sua relevância científica.

Quadro 3. Índice Qualis dos periódicos brasileiros de publicação dos artigos dentro da temática estudada.

Periódico	ISSN	QUALIS
<i>Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente</i>	2314-1433	B2
<i>Brazilian Journal of Developmen</i>	2525-8761	C
Concilium	1414-7327	A2
<i>Energy Procedia</i>	1876-6102	N/A
<i>Engineering Sciences</i>	2318-3055	C
<i>Evergreen</i>	2189-0420	N/A
Exatas Online	2178-0471	B1
Informe GEPEC	1679-415X	A4
<i>International Journal of Energy Technology and Policy</i>	1472-8923	B1
Irriga	1808-3765	B2
<i>Latin American Journal of Energy Research</i>	2358-2286	B2
<i>Materials Today: Proceedings</i>	2214-7853	N/A
<i>Periodicals of Engineering and Natural Sciences</i>	2303-4521	N/A
<i>Research, Society and Development</i>	2525-3409	C
Revista Brasileira de Energia Solar	2526-2831	B4
Revista Eletrônica de Engenharia Civil	2179-0612	B3
Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais	2179-6858	C
Revista Multidisciplinar do Sertão	2675-0945	N/A
Sinergia	2177-451X	C
Thêma et Scientia	2237-843X	B1
<i>Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering</i>	1002-6819	N/A
Vértices	1809-2667	C

Fonte: os autores (2024).

O sistema Qualis não tem como finalidade principal a avaliação dos periódicos em si, mas, qualificar os programas de pós-graduação *strictu sensu*, vigentes no Brasil, por meio da produção intelectual dos seus decentes e discentes. Porém muitas publicações não alcançam níveis mínimos de qualidade, o que gera uma hierarquia na ciência e uma disputa por publicações em periódicos com alto reconhecimento (Vilas Boas et al., 2021). Segunda Garcia e Boing (2021) os periódicos científicos têm um papel fundamental no desenvolvimento da ciência, necessitando, portanto, de uma estrutura e recursos adequados para manterem a sua regularidade e qualidade das publicações. Além disso, para Cardoso et al. (2019) é preciso que os pesquisadores estejam focados em

suas áreas específicas, visando contribuir para a elevação da qualidade científica dos artigos.

Na Tabela 2, pode ser vista a relação dos autores com maior produção sobre o tema. Foram destacados os autores com pelo menos três artigos publicados no período analisado. Destaca-se Jie Yang da *North China Electric Power University*, com maior Índice H. Segundo Gouvêa et al. (2022), este índice faz uma associação entre a produtividade e o impacto da produção científica, sendo uma das formais mais utilizadas para avaliar o prestígio dos cientistas. Para Soares et al. (2020), um pesquisador que contabiliza muitas citações, é tido como autoridade em sua linha de pesquisa e seus trabalhos compõem um canal importante para uma determinada comunidade acadêmica.

Tabela 2. Relação dos autores que mais publicaram sobre a temática no período analisado.

<i>Autor</i>	<i>Artigos</i>	<i>Índice H</i>	<i>Instituição</i>	<i>País</i>
<i>Azzedine Boutelhig</i>	4	5	<i>Yahia Fares University of Medea</i>	<i>Argélia</i>
<i>María Socorro García Cascales</i>	4	19	<i>Universidad Politécnica de Cartagena</i>	<i>Espanha</i>
<i>Salah Hanini</i>	4	24	<i>Yahia Fares University of Medea</i>	<i>Argélia</i>
<i>Ângela Molina García</i>	4	29	<i>Universidad Politécnica de Cartagena</i>	<i>Espanha</i>
<i>Albemerg Moura de Moraes</i>	4	2	<i>Universidade Federal do Piauí</i>	<i>Brasil</i>
<i>Juan Miguel Sánchez-Lozano</i>	4	14	<i>Centro Universitario de la Defensa de San Javier</i>	<i>Espanha</i>
<i>Amar Hadj Arab</i>	3	21	<i>Center for the Development of Renewable Energies</i>	<i>Argélia</i>
<i>Mohamed Benghanem</i>	3	27	<i>Islamic University of Al Madinah</i>	<i>Arábia Saudita</i>
<i>Khalid Osman Daffallah</i>	3	8	<i>Taibah University</i>	<i>Arábia Saudita</i>
<i>Maria Cristina Fedrizzi</i>	3	3	<i>Universidade de São Paulo</i>	<i>Brasil</i>
<i>Alvaro Rubio-Aliaga</i>	3	4	<i>Universidad Politecnica de Cartagena</i>	<i>Espanha</i>
<i>Luis Roberto Valer</i>	3	3	<i>Universidade de São Paulo</i>	<i>Brasil</i>
<i>Jie Yan</i>	3	69	<i>North China Electric Power University</i>	<i>China</i>

Fonte: os autores (2024).

Dentre os pesquisadores mais influentes, três deles são brasileiros: Albemerg Moura de Moraes, Maria Cristina Fedrizzi e Luis Roberto Valer. Boa parte de sua publicação está em periódicos nacionais não indexados, e os três autores publicam de forma conjunta, ressaltando a necessidade de parcerias entre as diversas universidades e centros de estudos brasileiros. Apesar de possuírem os menores Índices H dentre os destaques, são referência no país em pesquisas versando sobre a energia solar, em especial o bombeamento de água em regiões semiáridas.

Essa situação corrobora com Mugnaini et al. (2019), que afirmaram que os estudos bibliométricos devem percorrer caminhos mais amplos da produção científica, não devendo se limitar apenas às bases indexadas, sob o risco de não incluir nas discussões pesquisas de relevância científica, bem como correntes de pensamento excluídas da chamada “corrente principal”. Além disso, de acordo com Barata (2023), quando se trata de abarcar de modo adequado a produção científica de uma determinada área do conhecimento, deve-se considerar também as bases não indexadas, geralmente regionais e dedicadas a compartilhar o

conhecimento com pontos comuns em termos de problemática e política científica.

Análise de conteúdo das publicações

Na Figura 8 pode ser vista a nuvem de palavras gerada com todas as palavras chaves presentes nos artigos. Pela análise das palavras-chave, percebe-se que as áreas predominantes estão relacionadas às análises e investigações científicas envolvendo aplicações em sistemas de irrigação. Segundo Kohls-Santos e Marosini (2021), a análise de conteúdo procura conhecer o que está por trás das palavras-chave, seu objetivo principal é levar a inferências sobre a realidade pesquisada, buscando, não só encontrar lacunas no campo pesquisado, mas sim suscitar novas ideias que promovam o avanço do conhecimento sobre a temática pesquisada. Além disso, para Machado Junior et al. (2016), a análise de palavras-chave pode revelar o núcleo e novas áreas de dispersão sobre uma determinada temática, possibilitando o detalhamento das principais contribuições, por área.

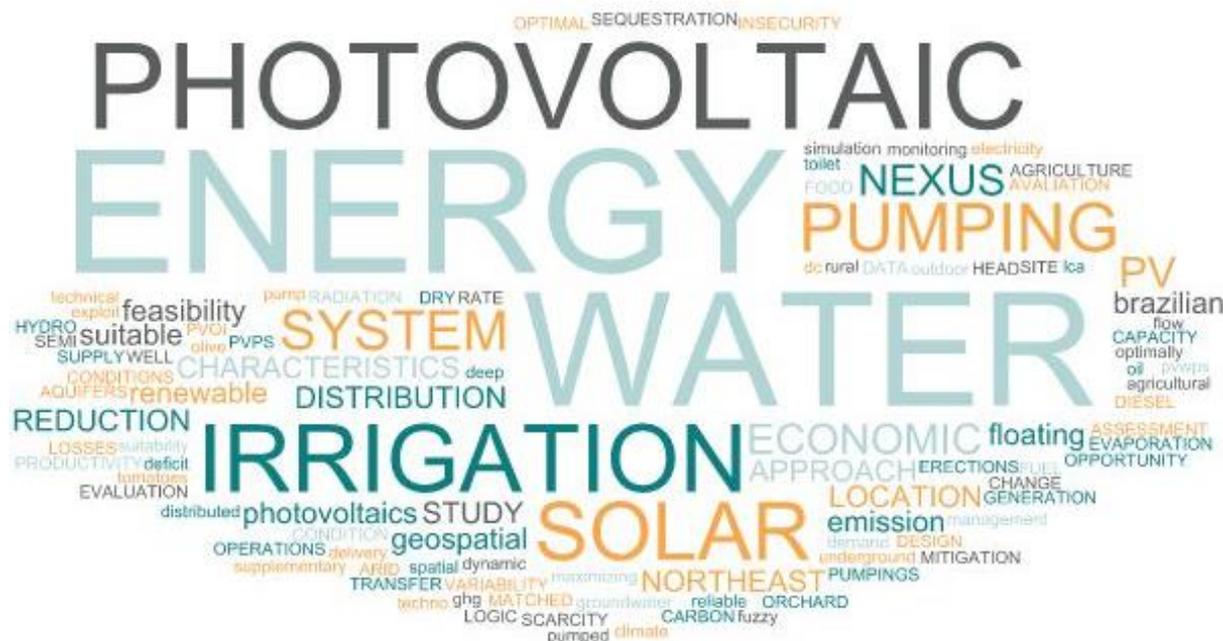


Figura 8. Distribuição em nuvem de palavras das palavras-chave encontradas nos artigos.
 Fonte: os autores (2024).

Dessa forma, é proposta a organização das publicações recuperadas por área temática como pode ser visto no Quadro 4. Ressalta-se que alguns trabalhos podem abordar mais de uma área temática em seus resultados ou utilizam os

conhecimentos de uma área como procedimento metodológico. Porém, a classificação foi feita na área fim da pesquisa realizada, tendo como parâmetro o objetivo principal a ser alcançado na pesquisa.

Quadro 4. Relação das áreas temáticas dos artigos recuperados.

Áreas Temáticas	Publicações
Análise de viabilidade econômico-financeira	Alves et al. (2014); Valer et al. (2016); Rubio-Aliaga et al. (2019); Carrêlo et al. (2020); Silva Júnior et al. (2020); Costa e Silva (2021); Saavedra et al. (2021); Xie et al. (2021); Yang et al. (2021); Silva et al. (2022); Yan et al. (2023).
Avaliação do desempenho operacional	Benghanem et al. (2014); Carozzi et al. (2014); Kumar et al. (2015); Nogueira et al. (2015); Dal Bem et al. (2016); Andrade et al. (2017); Boutelhig et al. (2017a); Pereira e Mendes (2019); Todde et al. (2019); Avelar et al. (2021); Gasque et al. (2021); Sanna et al. (2021); Trommsdorff et al. (2021); AlShaar et al. (2022); Zhang et al. (2023).
Dimensionamento eficiente	Alvarenga et al. (2014); Boitagro et al. (2016); Boutelhig et al. (2016); Guzmán et al. (2018); Oliveira et al. (2018); Shao et al. (2018); Galdino et al. (2020); Melo et al. (2021).
Levantamento e análise dos recursos solares e hídricos	Zhang et al. (2014); Rubio-Aliaga et al. (2016); Boutelhig et al. (2017b); Boutelhig et al. (2018); Silva (2021); Almeida e Almeida (2022).
Modelagem computacional	Haddad et al. (2015); López-Luque et al. (2015); Yahyaoui et al. (2017); Benghanem et al. (2018); Tambo, et al. (2020); García-Cascales et al. (2021); Rubio-Aliaga et al. (2021), Chabour et al. (2022).
Pesquisa social aplicada	Mwansa et al. (2017); Moraes et al. (2017); Moraes et al. (2020).
Rastreamento solar e MPPT	Yahyaoui et al. (2016); Ksentini e Azzag (2019); Ksentini et al. (2019); Hang et al. (2022); Yaichi et al. (2022).

Revisão sistemática da literatura	Chandel et al. (2015); Wazed et al. (2017); Aliyu et al. (2018); Hadwan e Alkholidi (2018); Wazed et al. (2018); Calca et al. (2021); Haupenthal et al. (2021); Pereira (2021); Singh et al. (2021).
Sustentabilidade ambiental	Olsson et al. (2015); Ghasemi-Mobtaker et al. (2020); Farrar et al. (2022).
Técnicas de otimização	Carvalho et al. (2018); Kusakana (2018); Picazo et al. (2018); Li et al. (2020); Zavala et al. (2020); Carricondo-Antón et al. (2023).

Fonte: os autores (2024).

Análise de viabilidade econômico-financeira

Dentro desta área temática são analisados os fatores que impactam diretamente no custo final para a aquisição e instalação sistemas fotovoltaicos, através da apuração de métricas próprias da Engenharia Econômica, buscando realizar projeções de modo a visualizar numericamente o potencial de retorno do investimento realizado (Morais et al., 2021). De acordo com Carrêlo et al. (2020) estudos de viabilidade tem dois pilares principais: o investimento necessário e os benefícios baseados na produtividade e performance do sistema. Para Valer et al. (2016), além dos estudos de viabilidade econômica, concepções e execuções corretas de projetos de sistemas de bombeamento fotovoltaico, bem como a realização de análises de viabilidade técnica, poderão facilitar a absorção e disseminação da tecnologia por meio de programas de governo, ao demonstrar o sucesso de sua aplicação em determinados contextos.

Muitos estudos realizam comparativos entre tecnologias diferentes para demonstra a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento. Rubio-Aliarga et al. (2019) fizeram comparativos entre sistemas fotovoltaicos de bombeamento *off-grid* com soluções convencionais para bombeamento de água baseadas em combustíveis fósseis, e também com sistemas *on-grid*, na região do Mediterrâneo. Xie et al. (2021) realizaram um comparativo semelhante entre sistemas de bombeamento fotovoltaico com sistemas movidos a diesel, na região da África Subsaariana. Valer et al. (2016) compararam aspectos técnicos e econômicos da utilização de sistemas de bombeamento de água movidos a diesel com sistemas de bombeamento fotovoltaicos convencionais, bem como com sistemas fotovoltaicos contendo sistemas de controle eletrônico de variação de velocidade. Os sistemas foram analisados dentro do contexto da agricultura familiar existentes das zonas rurais do semiárido brasileiro, sendo que os últimos foram os mais

vantajosos. Já Silva et al. (2022) analisaram a viabilidade econômica de um sistema de bombeamento fotovoltaico instalado comparando opções diferentes de investimento que pode ser feito foi famílias que desenvolvem atividades no contexto da agricultura familiar.

Os autores Alves et al. (2014) realizaram a projeção dos custos durante a vida útil do projeto, tendo como base as características meteorológicas locais para a geração de energia. Para os autores Carrêlo et al. (2020), sistemas apresentam reservatórios sazonais, demonstram maior viabilidade para aplicação em sistemas de irrigação. Saavedra et al. (2021) analisaram os custos para a instalação de sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água e a quantidade de emissões de CO₂, considerando a presença ou não de baterias nos sistemas. Já Yan et al. (2023) consideraram em sua pesquisa a distância do fornecimento da água, comparando diversas tecnologias para a entrega da água bombeada e seus custos.

Yang et al. (2021) analisaram a viabilidade da instalação dos sistemas em telhados de residências rurais para captar água de poços dimensionados (quantidade de módulos e tamanho e altura do reservatório) através de um algoritmo genético. Outros estudos importantes, como, por exemplo, a análise de redução de gastos com faturas de energia elétrica (Silva Júnior et al., 2020) e análise do fornecimento de água e economia de energia, e seus impactos sociais em regiões semiáridas, por meio de sistemas fotovoltaicos flutuantes (Costa e Silva, 2021), também estão presentes dentro dessa área temática.

Avaliação de desempenho operacional

Diversos trabalhos têm como objetivo comum, a avaliação de desempenho operacional de sistemas fotovoltaicos de bombeamento, analisados sob diferentes configurações e condições climáticas. A avaliação é feita através da análise dos fatores que afetam a produtividade e a

eficiência do sistema e a qualidade da operação durante seu ciclo de vida. Segundo Pereira e Mendes (2019), diversos fatores ambientais afetam a produtividade de um sistema de bombeamento fotovoltaico. Entre os principais podem ser citados: incidência direta da radiação solar, temperatura ambiente, posicionamento e inclinação dos módulos, tipo de módulo utilizado, presença de sujeira nos módulos. No entanto, segundo Boutelhig et al. (2017a), os sistemas também precisam ser projetados com precisão e montados corretamente, podendo ter como base, dados provenientes de simulações experimentais de desempenho operacional.

Nogueira et al. (2015) estudaram o desempenho de sistemas utilizando módulos mono e poli cristalinos, com relação ao volume de água bombeado e energia elétrica consumida. Segundo os autores, o sistema fotovoltaico com módulos poli cristalinos apresentou maior eficiência global e menor custo por volume de água bombeada. Benghanem et al. (2014) analisaram a eficiência de um sistema de bombeamento em função da altura manométrica e da radiação solar incidente. Foi possível determinar a altura manométrica ideal nas condições de máxima potência, obtendo-se a melhor eficiência média do sistema. Já os autores Boutelhig et al. (2017a) analisaram o desempenho de diferentes configurações de sistemas de bombeamento fotovoltaico, considerando diferentes alturas manométricas, tipos de poeiras que se acumulam sobre os painéis. Essas características variavam de acordo com a especificidade dos locais de teste.

No trabalho de Kumar et al. (2015) foi analisado um sistema de micro irrigação integrado com um sistema de bombeamento fotovoltaico, funcionando a baixa pressão, capaz de adequar a água disponível em uma determinada região com a área da cultura a ser irrigada. A eficiência do sistema foi analisada considerando culturas de sequeiro de pequena escala da cidade de Hyderabad, na Índia, podendo haver a replicação do sistema analisado em ecossistemas de terras secas de qualquer parte do mundo. Todde et al. (2019) analisaram o desempenho energético e ambiental de sistemas de irrigação fotovoltaicos híbridos de alta potência instalados em olivais mediterrâneos, especificamente em Marrocos e Portugal, e compararam os resultados encontrados com outras opções energéticas convencionais (geradores a diesel e rede elétrica da concessionária). Segundo os autores, a disponibilidade de água, as condições climáticas e o gerenciamento da irrigação podem modificar os

desempenhos energético e ambiental dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento.

Os pesquisadores Dal Bem et al. (2016) analisaram o desempenho de um sistema diretamente acoplado, utilizando inversor ressonante paralelo acionando uma bomba submersa vibratória, para prover água para o consumo de animais em áreas rurais sem acesso à energia elétrica. Foi relacionado no trabalho o volume de água bombeado e a quantidade de bovinos que se beneficiariam do mesmo. Gasque et al. (2021) simularam o desempenho da instalação de um sistema de bombeamento fotovoltaico composto por duas bombas iguais funcionando em paralelo e um gerador fotovoltaico, funcionando em diferentes alturas manométricas. AlShaar et al. (2022) analisaram o desempenho de dois sistemas diferentes de energia solar para bombeamento de água (sistemas fotovoltaicos térmicos e fotovoltaicos), na região de Ghor Al-Safi, na Jordânia. No caso da aplicação em sistemas de irrigação, os sistemas fotovoltaicos são mais eficientes quando o benefício final é a geração de energia elétrica. Já os sistemas fotovoltaicos térmicos são mais eficientes para prover água quente para a população e para outras finalidades específicas, como sistemas de ar condicionado.

O trabalho de Andrade et al. (2017) se propõe a avaliar um sistema de irrigação por microaspersão com bombeamento de água por sistema fotovoltaico. Foi analisada a influência da distância dos microaspersores e do sistema de armazenamento de energia na energia produzida pelo sistema e na uniformidade da dispersão da água, por meio do controle estatístico de qualidade. Pereira e Mendes (2019) analisaram o rendimento de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água para irrigação de um viveiro de mudas tendo em vista a influência da irradiação solar, da vazão de água do sistema e da temperatura ambiente. Zhang et al. (2023) propuseram um sistema de irrigação por aspersão que utiliza energia solar fotovoltaica para bombeamento de água acoplado a um sistema de armazenamento de energia através de ar comprimido, e avaliam seus efeitos operacionais com intuito de obter uma pulverização estável e de alta qualidade sob alta pressão de trabalho, sem ser afetado pela flutuação da saída fotovoltaica.

Sanna et al. (2021) desenvolveram e analisaram o desempenho de um sistema fotovoltaico bombeamento para tratar água subterrânea salobra, que possa ser operada 24h, quando equipado com sistema de armazenamento de energia hidráulica, ou com sistemas de baterias,

produzindo água potável. O estudo de Trommsdorff et al. (2021) avalia a viabilidade técnica de sistemas agrovoltáicos (que combinam sistemas fotovoltaicos com a agricultura), por meio da produtividade de determinados alimentos e do rendimento elétrico do sistema. O trabalho também fornece informações sobre como projetar um sistema agrovoltáico tendo como base a distância da cultura e orientação da instalação e seus efeitos sobre a disponibilidade de luz.

O trabalho de Avelar et al. (2021) visa avaliar o desempenho de duas motobombas fotovoltaicas, uma submersa e outra de superfície, para o bombeamento de água para uso rural. Carozzi et al. (2014) analisam a eficiência da utilização de motores elétricos de tecnologia Keppe-Motor (que funciona tanto como motor, quanto como gerador, em um ponto de ressonância) em sistemas de captação e bombeamento de água, utilizando como fonte primária de energia, painéis fotovoltaicos de baixo custo.

Dimensionamento eficiente de sistemas

Os sistemas de bombeamento fotovoltaico têm se tornado uma opção cada vez mais competitiva para as populações localizadas em áreas remotas, sobretudo para os pequenos produtores rurais. Dimensionar adequadamente um sistema de acordo com as necessidades de uma determinada atividade é imprescindível para se aumentara a eficiência do uso da água e da energia (Alvarenga et al., 2014). Logo, segundo Carvalho et al. (2018, p. 1154), “a busca pelo melhor aproveitamento dos recursos naturais e o consequente aperfeiçoamento no dimensionamento de sistemas de bombeamento fotovoltaico têm sido objetos de estudos relacionados ao tema”.

Boutelhig et al. (2016) analisaram a eficácia de um sistema de bombeamento diretamente acoplado. O sistema foi dimensionado tendo como base o volume mensal de água e a irradiação solar mensal de modo a aproximar ao máximo a energia demandada da energia fornecida. Dessa forma o volume de água bombeada pode ser maximizado por meio de um dimensionamento adequado, especialmente na ausência do sistema de armazenamento hidráulico.

O estudo de Guzmán et al. (2018) apresenta uma metodologia para o dimensionamento econômico de sistemas solares fotovoltaicos para instalações de irrigação. A demanda de eletricidade do sistema foi calculada, e o sistema fotovoltaico de referência foi projetado para um sistema de irrigação ideal, considerando as

modalidades *on-grid* e *off-grid*. Ao final do estudo foram propostas ações de eficiência e de instalação ideal dos mesmos.

Shao et al. (2018) propuseram um esquema de abastecimento de água urbana que utiliza água recuperada de uma estação de esgoto próxima, bombeada e elevada por meio de um sistema fotovoltaico. Foi descrita no trabalho a estrutura compatível para servir como fonte de água durante a estação seca, para complementar um sistema de água urbana em Xiamen, China. Já os autores Galdino et al. (2020) apresentam propostas de arranjos para a produção de energia elétrica por meio de sistemas de bombeamento fotovoltaico como alternativa de suprimento para o projeto de transposição do rio São Francisco, na região Nordeste do Brasil.

No trabalho de Oliveira et al. (2018) foi realizado um cálculo teórico da potência para de um sistema fotovoltaico de bombeamento necessário para elevar 3.500 L de água a uma altura manométrica total de 22 m. Com esses dados foi simulado aplicação do mesmo para a produção do coentro, escolhida por ser bem adaptada a climas quentes, dando a possibilidade de retorno financeiro e produção o ano todo por meio da agricultura familiar. Os autores Melo et al. (2021) analisaram a implantação de uma cooperativa agrícola com diversas opções de investimento para ter acesso à energia elétrica, e assim, bombear água salobra do subsolo possibilitando aos agricultores da região trabalharem a princípio com a agricultura familiar e noutras atividades afins, como, por exemplo, a criação peixes em cativeiro. Um sistema foi dimensionado de modo a beneficiar até 100 agricultores na cooperativa com a água bombeada do solo para irrigação agrícola total de 10 hectares.

Os autores Boitagro et al. (2016) dimensionam um sistema de bombeamento fotovoltaico para ser instalado em pequenas comunidades rurais da localidade Ilha Caiapós, em Minas Gerais. Já no artigo de Alvarenga et al. (2014) é feito o dimensionamento de um sistema de bombeamento fotovoltaico a ser instalado em projetos de irrigação para cultivo de alface.

Levantamento e análise dos recursos hídricos e solares

Os trabalhos que versam a respeito da avaliação de recursos solares e hídricos objetivam fazer o levantamento das características geoespaciais de determinadas regiões, buscando o dimensionamento racional e o desempenho ótimo

dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento (Boutelhig et al., 2018), com vistas para o uso doméstico, além de aplicações na pecuária e irrigação de culturas. Os trabalhos têm como motivações principais a escassez de recursos hídricos (tanto superficiais, às vezes inexistentes, quando subterrâneos, em sua maioria sobreexplorados) e o aumento da demanda por energia proveniente de combustíveis fósseis (Rubio-Aliaga et al., 2016), bem como necessidades técnicas dos sistemas de captação e condução da água (Boutelhig et al., 2017b).

No trabalho de Boutelhig et al. (2018) foi realizado um estudo de investigação sobre as características geoespaciais na região do deserto de Mansoura, na Argélia, destacando diferentes locais adequados para a implementação do PVWPS. Os autores Boutelhig et al. (2017b) avaliaram o comportamento da fonte de água subterrânea no vale M'Zab, selecionando os poços mais apropriados para a instalação de sistema de bombeamento fotovoltaico. Já Almeida e Almeida (2022) procuraram quantificar o potencial de energia solar fotovoltaica na região do Semiárido Brasileiro, com vistas a instalação de sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água. Silva (2021) avalia o potencial de geração de energia fotovoltaica no semiárido pernambucano, bem como a capacidade de oferta e potência instalada no Sertão do Pajeú, por meio de dados da quantidade de energia solar em uso e em expansão no estado.

Zhang et al. (2014) analisaram a evapotranspiração e o nível da água subterrânea em poços na pastagem de Wulanchabu, na Mongólia Interior, China, com vistas a quantificar a demanda hídrica e entender como a instalação dos sistemas de bombeamento fotovoltaico poderá afetar a recarga do lençol freático. O estudo de Rubio-Aliaga et al. (2016) tinha como objetivo principal fazer o levantamento dos recursos hídricos e solares por meio de dados coletados de poços e estações meteorológicas, respectivamente, presentes nas zonas de dois aquíferos, sendo um na Espanha e outro no Marrocos. Os dados foram utilizados para dimensionar sistemas de bombeamento de água capazes de suprir atividades específicas nessas mesmas regiões.

A principal técnica para a realização do levantamento dos recursos é o uso de sistemas de informação geográfica (SIG), onde os *softwares* irão mapear a irradiação solar e a temperatura da região, além da profundidade dos aquíferos subterrâneos. Também é utilizada a estatística descritiva para fazer o levantamento do potencial

de determinada região para a instalação de sistemas fotovoltaicos de bombeamento (Almeida & Almeida, 2022). Dessa forma, são destacadas as localidades mais propícias para a instalação dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento. Entretanto, segundo Zhang et al. (2014), é importante salientar que, para a otimização dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento, não somente os estudos relacionados à quantidade de água são importantes, mas também os estudos sobre o estado do solo e a taxa de recarga dos lençóis freáticos.

Modelagem computacional

Trabalhos que visam a proposição e avaliação de modelos computacionais aplicados ao bombeamento fotovoltaico, em suas diversas nuances, estão abarcados nesta área temática. Segundo Haddad et al. (2015), a utilização de modelos matemáticos é de suma importância para verificar o desempenho dos sistemas, detectar falhas e, até mesmo, tomar decisões de cunho econômico. López-Luque et al. (2015) propõem um modelo para otimizar o projeto dos sistemas e irrigação fotovoltaicos, maximizando a sua rentabilidade econômica. O modelo realiza a simulação de sistemas de bombeamento fotovoltaico em diferentes potências de pico, de acordo com o balanço hídrico e energético do sistema de irrigação e o rendimento da cultura, permitindo a seleção do design ideal de acordo com a rentabilidade econômica. Os dados utilizados na simulação foram coletados de um pomar de oliveiras localizado no município de Tabernas, na Espanha. Essa região de clima semiárido é a mais seca da bacia do Mediterrâneo.

No trabalho de Haddad et al. (2015), são apresentados e comparados três modelos computacionais dinâmicos baseados em Redes Neurais Artificiais para estimar a vazão horária de água, usando a temperatura do ar e a irradiação solar. Os dados necessários para a simulação foram coletados de um sistema de bombeamento fotovoltaico instalado na cidade de Madinah, na Arábia Saudita. Já Yahyaoui et al. (2017) apresentam um algoritmo baseado em lógica Fuzzy que realiza o gerenciamento de água e energia em um sistema fotovoltaico de bombeamento de modo a garantir o volume necessário para a irrigação de uma cultura de tomates em Medjez El Beb, norte da Tunísia. O modelo usa como parâmetros para controlar relés de interconexão dos componentes do sistema (painéis, baterias e bombas), a energia gerada, a profundidade de descarga da bateria, o

mês de operação e a quantidade de água armazenada.

Benghanem et al. (2018) desenvolveram um modelo que permite calcular o volume de água usando dados de radiação solar para diferentes alturas manométricas e para diferentes configurações de matriz fotovoltaica. Utilizando dados de irradiação solar de diferentes localidades da Arábia Saudita, demonstrou-se a eficiência do modelo e a precisão para calcular o volume de água bombeado a uma determinada potência elétrica, para diferentes alturas totais.

García-Cascales et al. (2021) avaliam e comparam diferentes modelos de tomada de decisão multicritério para gerenciamento da água bombeada por meio de sistemas fotovoltaicos, considerando diferentes faixas de profundidade do aquífero, necessidades de culturas de irrigação e possíveis áreas agrícolas agregadas, e opções de armazenamento de água. Os dados reais foram coletados na região de um aquífero espanhol é incluído como estudo de caso. Segundo os autores, a metodologia proposta pode ser replicada para diferentes fontes renováveis para bombeamento de água, como, por exemplo, a eólica. Já Rubio-Aliaga et al. (2021) apresentaram a proposta de tomada de decisão para selecionar a solução de bombeamento de águas subterrâneas mais adequada com base em recursos energéticos e opções de armazenamento de água.

No trabalho dos autores Chabour et al. (2022) é apresentado um *software* criado para realizar o projeto de sistemas fotovoltaicos de bombeamento, urbanos ou agrícolas. O programa desenvolvido também inclui a análise de viabilidade econômica do sistema projetado, por meio da quantificação de possíveis investimentos econômicos, das receitas futuras que podem ser obtidas, bem como do período de retorno do investimento. Por sua vez, Tambo et al. (2020) desenvolveram um *software* para dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento bombeado com o uso de energia solar.

Pesquisa social aplicada

Dentro desta área temática estão presentes as publicações que analisar os impactos sociais da instalação de um sistema fotovoltaico de bombeamento. De acordo com Cruz et al. (2020, p. 63508) “a utilização da energia solar possui influência em diversos âmbitos, dos quais, um desses é o meio social”, principalmente para as pessoas que não têm condição de implementá-la., pois segundo Barros et al. (2023), seu uso tras

vários benefícios como a criação de oportunidades de emprego e investimentos privados, em especial para as populações que vivem em zonas remotas e sem eletricidade. No caso dos sistemas de bombeamento fotovoltaico, para Bursztyn (2020) existe a necessidade de políticas públicas integradas que beneficiem a produção energética descentralizada em pequenas unidades familiares.

A pesquisa desenvolvida por Moraes et al. (2017) apresenta os principais resultados da implantação de um sistema fotovoltaico de bombeamento para irrigação de uso familiar em uma comunidade rural do Semiárido piauiense. O sistema foi instalado através de um projeto de extensão universitária em caráter experimental, considerando aspectos técnicos e de gestão do sistema, destacando os pontos positivos e negativos dos diversos aspectos a serem considerados ao se conceber, implantar e manter sistemas dessa natureza.

Já a pesquisa desenvolvida pelos autores Mwansa et al. (2017), visava avaliar o potencial da energia solar para evitar a carga de doenças transmitidas pela água nas áreas rurais da Zâmbia, por meio de melhor acesso a fontes de abastecimento de água limpa e segura usando energia solar em sistemas de bombeamento de água. Os resultados demonstram que o uso da tecnologia pelo governo possibilitaria a criação de emprego para muitas pessoas, além de reduzir o ônus social relacionado a doenças transmitidas pela água. O valor economizado anualmente poderia ser utilizado em outras atividades, como a eletrificação rural, trazendo desenvolvimento par ao país.

Moraes et al. (2020) analisaram diversas experiências de instalação de sistemas fotovoltaicos de bombeamento no semiárido brasileiro, por meio de políticas públicas e iniciativas de instituições não-governamentais, mostrando os principais entraves ao sucesso e a continuidade desse tipo de projeto. Os autores também discutiram possíveis formas de superar essas dificuldades aplicando boas práticas para a implantação e gestão dos sistemas.

Rastreamento solar e MPPT

Uma das desvantagens mais significativas da energia solar é que a energia que a terra recebe não é constante devido aos movimentos de rotação e translação (Fernandez-Ahumada et al., 2020). Atualmente já existem técnicas para se extrair a máxima energia do sol, seguindo a sua direção a partir da terra, conhecidos como rastreamento solar. Por meio desta técnica, os sistemas são

orientados de modo os raios solares sejam recebidos perpendicularmente pelos módulos fotovoltaicos aumentando, assim, a produção de energia (Kumar et al., 2020).

Com o avanço da tecnologia, a eficiência dos sistemas solares está sendo aumentada com o uso de sistemas de rastreamento solar de eixo único e duplo, que podem rastrear a posição do sol de acordo com a estação e a hora do dia (Awasthi et al., 2020). Nesta área de estudo encontram-se os trabalhos recuperados que visam desenvolver e avaliar sistemas de rastreamento solar em diferentes eixos, otimizando o aproveitamento da radiação solar pelos módulos.

O estudo de Hang et al. (2022) propõe uma estratégia de rastreamento solar que ajusta o ângulo de inclinação dos painéis fotovoltaicos de acordo com a mudança do nível da água e desenvolve um dispositivo de rastreamento solar com suporte de três pontos adequado para sistemas de bombeamento fotovoltaico. Este estudo realiza a combinação da extração de água fotovoltaica e da perseguição do sol pelo painel fotovoltaico, o que fornece uma nova ideia para melhorar a eficiência da geração de energia dos painéis fotovoltaicos. Yaichi et al. (2022) analisaram o movimento rotatório de um sistema de rastreamento descontínuo em duas posições em torno de um eixo vertical, em que o ângulo de azimute do painel varia de acordo com o mês.

Além do rastreamento solar, a produção máxima de energia elétrica de um sistema fotovoltaico pode ser alcançada usando algoritmos para o rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT, do inglês *maximum power point tracking*) (Seme et al., 2020). Neste caso, os trabalhos recuperados visam alcançar o melhor desempenho do sistema independente da condição de operação, melhorando o seu aproveitamento energético, por meio de algoritmos de controle.

Na pesquisa de Yahyaoui et al. (2016) foi analisado o desempenho de algoritmos rastreadores do ponto de máxima potência, usando diferentes dados climáticos de uma instalação autônoma de bombeamento de água fotovoltaica em uma área rural no Mediterrâneo. Os resultados foram comparados com outros algoritmos aplicados em situações específicas comuns em áreas rurais.

O objetivo do trabalho de Ksentini e Azzag (2019) é garantir a operação com potência máxima do sistema em condições precárias por meio do controle lógico fuzzy. A modelagem e a simulação desse sistema foram realizadas utilizando dados meteorológicos da cidade de Adrar, na Argélia. O sistema consiste em um gerador fotovoltaico

(PVG), um conversor de corrente contínua CC/CC, um inversor multinível com cinco níveis e um motor assíncrono acoplado a uma bomba centrífuga. Já na pesquisa de Ksentini et al. (2019) é proposto o mesmo estudo, porém o sistema estudado consiste em um gerador fotovoltaico autônomo, um conversor CC/CC operando em MPPT, um inversor trifásico do tipo NPC com controle PWM de três níveis e um motor assíncrono acoplado a uma bomba centrífuga.

Revisão sistemática da literatura

De acordo com Page et al. (2021), as revisões sistemáticas são importantes para a ciência por gerarem diversos tipos de conhecimentos. Além de fornecer uma síntese do estágio atual de conhecimento sobre um determinado campo, novas áreas de pesquisa podem ser identificadas, podendo, assim, a geração de novas teorias ou a correção de estudos anteriores. Foram englobados dentro desta área, artigos que se propõem a fazer o levantamento de todos os trabalhos publicados que oferecem um exame da literatura abrangendo assuntos específicos relacionados aos sistemas fotovoltaicos de bombeamento.

No trabalho de Chandel et al. (2015) e Hadwan e Alkholidi (2018) e são identificados os principais fatores que afetam o desempenho do sistema de bombeamento de água fotovoltaico. Já os autores Wazed et al. (2018) destacam em sua revisão diferentes metodologias usadas para investigar e otimizar o desempenho de sistemas movidos a energia solar para o bombeamento de água. Singh et al. (2021) apresentam uma revisão dos sistemas de bombeamento baseados em energia solar incorporados a sistemas de irrigação

Em termos ambientais, Aliyu et al. (2018) discutem a contribuição do uso dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento na redução da emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Já Haupenthal et al. (2021) enfatizam a racionalização do consumo de água em sistemas fotovoltaicos de bombeamento aplicados a sistemas de irrigação. Por outro lado, Pereira (2021) apresenta as vantagens e desvantagens do uso de sistemas fotovoltaicos de bombeamento.

Wazed et al. (2017) investiga tecnologias de irrigação movidas a energia solar fotovoltaica e térmica, que podem ser utilizadas na agricultura em zonas rurais remotas da África Subsaariana. Calca et al. (2021) destacam os atuais avanços do aproveitamento térmico e fotovoltaico em zonas rurais do Brasil além das políticas públicas de

incentivo a tecnologias descentralizadas de produção de eletricidade.

Sustentabilidade ambiental

Nesta área temática os trabalhos visam analisar a utilização do sistema fotovoltaico tendo com finalidades à preservação e manutenção do meio ambiente. Nesse sentido Olsson et al. (2015) apresentam um modelo para analisar sequestro de carbono e recuperação de pastagens, por meio da utilização de sistemas de bombeamento fotovoltaico, trazendo segurança energética e alimentar, buscando, também, o uso da água para outras finalidades.

O objetivo do estudo de Ghasemi-Mobtaker et al. (2020) é simular a aplicação de um sistema fotovoltaico no cultivo de cevada, para alcançar a sustentabilidade energético-ambiental, considerando dois métodos diferentes de irrigação: por superfície e irrigação por aspersão.

Por sua vez, Farrar et al. (2022) este trabalho aborda o uso da tecnologia solar fotovoltaica flutuante implementada em reservatórios de irrigação para conservar a água, reduzindo as perdas por evaporação e, ao mesmo tempo, fornecendo eletricidade sustentável com maior rendimento. Neste caso, o trabalho aborda questões importantes dentro dos elementos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU: energia e água.

Técnicas de otimização

Segundo Eisermann e Brito (2021) o campo da otimização envolve estudos em que há o interesse em procurar a melhor solução para determinado problema. Geralmente a implementação computacional é a ferramenta utilizada para resolver uma classe de problemas que atendem determinadas especificidades. Neste sentido, a pesquisa de Kusakana (2018) propõe um modelo de minimização do custo da eletricidade que pode ser implementado em atividades agrícolas de pequeno porte em que há furos para abastecimento de água. O problema de otimização pode ser resolvido usando programação linear.

Já o trabalho de Picazo et al. (2018) traz como proposta uma nova metodologia que calcula a combinação mais eficiente de hidrantes e subunidades a serem abertos simultaneamente em uma rede de irrigação, minimizando o número de painéis solares fotovoltaicos e o consumo de energia necessário para acionar dispositivos de bombeamento diretamente conectados aos painéis

solares. Carvalho et al. (2018) apresentam um modelo de para otimização técnico-econômica de sistemas fotovoltaicos de bombeamento utilizando de dados de radiação solar, de consumo de água, de produtividade de poços e de capacidade do sistema de bombeamento.

Li et al. (2020) propõe um modelo para otimizar a configuração de um sistema de geração híbrido (fotovoltaico-eólico) com sistema de armazenamento por baterias. Zavala et al. (2020) apresentam uma nova abordagem baseada na operação simultânea de vários setores de irrigação de acordo com a energia recebida. Um modelo analítico inovador foi implementado para otimizar a operação de um sistema de irrigação fotovoltaica. Carricondo-Antón et al. (2023) estudam o efeito do aumento do número de bombas em paralelo, mantendo a potência total, bem como a relação entre a capacidade fotovoltaica instalada e a potência do sistema de bombeamento, para atender aos requisitos de bombeamento durante todo o ano.

Conclusão

A análise de conteúdo demonstra que as pesquisas tratam, em geral, sobre a instalação de sistemas de energia solar fotovoltaica para bombeamento de água em localidades em que predomina a falta de acesso à energia elétrica ou a conexão em redes deficitárias. Nas zonas semiáridas a agricultura familiar de sequeiro é a atividade de subsistência predominante e com dependência excessiva da chuva. Assim, os sistemas, de bombeamento fotovoltaicos podem ser considerados como propostas tecnicamente viáveis e confiáveis para suprir o abastecimento de água para consumo próprio, e outras atividades, como a irrigação, e criação de animais, tendo como fonte principal as águas subterrâneas.

Porém os estudos em sua maioria possuem objetivos puramente técnicos, ao envolver em seu escopo resultados provenientes de análises de avaliações de desempenho operacional, dimensionamento, modelagem e otimização de sistemas. Muitos dos trabalhos são multidisciplinares, em especial, os que envolvem a viabilidade econômica. Porém, poucos são os trabalhos que visam analisar os impactos sociais da instalação dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento em comunidades rurais isoladas, ou que tratem de políticas públicas para a instalação desse tipo de sistema em locais que realmente necessitam dos benefícios dessa tecnologia. Também são poucos os trabalhos de cunho

ambiental, em especial que tratem do cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

Finalmente, essa lacuna aberta deixa a possibilidade de realização de estudos futuros visando a comprovação dos benefícios reais do uso dos sistemas fotovoltaicos de bombeamento como tecnologia social que auxiliem na sobrevivência das populações vulneráveis das regiões semiáridas, e que tragam o indicativo para a formulação de políticas públicas específicas para a área dos sistemas fotovoltaicos para bombeamento de água, ou a integração em outras políticas já existentes.

Referências

- Aliyu, M., Hassan, G., Said, S. A., Siddiqui, M. U., Alawami, A. T. & Elamin, I. M. (2018). A review of solar-powered water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87, 61-76. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.02.010>
- Almeida, H. A. & Almeida, E. C. V. (2022). Potencial da energia solar fotovoltaica no Semiárido nordestino. *Concilium*, 22(2), 197-210. <https://doi.org/10.53660/CLM-111-130>
- Almeida, J. E. A., Sales, M. M. M., Sales, R. M. M., & Fonseca, P. H. (2021). Energia solar fotovoltaica no estado da Paraíba sob a ótica dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *Revista de Estudios Brasileños*, 8(17), 147. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9087029>
- AlShaar, M. W.; Al-Omari, Z.; Emar, W.; Alnsour, M. & Abu-Rumman, G. (2022). Application of pv-thermal array for pumping irrigation water as an alternative to pv in ghor al-safi, jordan: a case study. *Evergreen*, 9(4), 1140-1150. <https://doi.org/10.5109/6625725>
- Alvarenga, A. C., Ferreira, V. H. & Fortes, M. Z. (2014). Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar. *Sinergia*, 15(4), 311-318. <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/issue/view/12>
- Alves, G. E. C., Santos, V. L. C. & Santos, D. B. (2014). Análise de viabilidade da utilização de energia solar fotovoltaica para o bombeamento de água na comunidade de Itaitu, Jacobina-BA. *Exatas Online*, 5(1), 1-12. https://www2.uesb.br/exatasonline/images/V5_N1pag1-12.pdf
- Andrade, M. G., Vilas Boas, M. A., Siqueira, J. A. C., Dieter, J., Sato, M., Hermes, E., ... & Tokura, L. K. (2017). Statistical quality control for the evaluation of the uniformity of microsprinkler irrigation with photovoltaic solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 743-753. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.012>
- Avelar, A. C., Ponciano, V. F. G., Saretta, E., Ponciano, I. M., Coutrim, E. F. & Gonçalves Nunes, M. R. (2021). Desempenho de dois sistemas de bombeamento por energia fotovoltaica no meio rural. *Irriga*, 1(4), 653-660. <https://doi.org/10.15809/irriga.2021v1n4p653-660>
- Awasthi, A., Shukla, A.K., Manohar, M., Dondariya, C., Shukla, K. N., Porwal, D., & Richhariya, G. (2020). Review on sun tracking technology in solar PV system. *Energy Reports*, 6, 392-405. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.02.004>
- Baptista, T. J. R. & Gamboa, S. A. S. (2022). A Análise do Qualis: uma revisão narrativa da Revista Brasileira de Pós-Graduação (RBPG). *Educação em Foco*, 25(47). <https://doi.org/10.36704/eef.v25i47.6356>
- Barata, R. B. (2023). Estratégias de avaliação da produção científica: reflexões sobre suas limitações e complementaridades. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 28, e42242-e42264. <http://dx.doi.org/10.1590/1981-5344/42242>
- Barros, L. F. O., Leite, M. J. H., Pinto, A. V. F., Peiter, A. S., Lins, C. F., Brandão, S., ... & Lima, T. B. (2023). Impactos socioambientais da energia solar fotovoltaica no município de Maceió-AL. *Observatório de da Economía Latinoamericana*, 21(7), 6571-6590. <https://doi.org/10.55905/oelv21n7-041>
- Benghanem, M., Daffallah, K. O., Alamri, S. N. & Joraid, A. A. (2014). Effect of pumping head on solar water pumping system. *Energy conversion and management*, 77, 334-339. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.09.043>
- Benghanem, M., Daffallah, K. O. & Almohammed, A. (2018). Estimation of daily flow rate of photovoltaic water pumping systems using solar radiation data. *Results in Physics*, 8, 949-954. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.01.022>
- Benghanem, M., Daffallah, K. O., Joraid, A.A., Alamri, S. N. & Jaber, A. (2013). Performances of solar water pumping system using helical pump for a deep well: A case study for Madinah, Saudi Arabia. *Energy Conversion and Management*, 65, 50-56. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.08.013>

- Boitrago, S. A., Santos, S. S., Gonçalves, A. H. R. & Canela, M. A. R. (2016). Captação de água por sistema fotovoltaico para consumo humano na localidade rural ilha Caiapós, São Romão-Minas Gerais. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 12(2). <https://doi.org/10.5216/reec.v12i2.37490>
- Boutelhig, A., Arab, A. H. & Hanini, S. (2016). New approach to exploit optimally the PV array output energy by maximizing the discharge rate of a directly-coupled photovoltaic water pumping system (DC/PVPS). *Energy conversion and management*, 111, 375-390. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.12.058>
- Boutelhig, A., Hanini, S. & Arab, A.H. (2017a). Performances' investigation of different photovoltaic water pumping system configurations for proper matching the optimal location, in desert area. *Energy conversion and management*, 151, 439-456. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.09.012>
- Boutelhig, A., Hanini, S. & Arab, A.H. (2018). Geospatial characteristics investigation of suitable areas for photovoltaic water pumping erections, in the southern region of Ghardaia, Algeria. *Energy*, 165, 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.036>
- Boutelhig, A., Melit, A. & Hanini, S. (2017b). Groundwater sources assessment for sustainable supply through photovoltaic water pumping system, in M'zab valley, Ghardaia. *Energy Procedia*, 141, 76-80. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.11.015>
- Burney, J.A. & Naylor, R.L. (2012). Smallholder irrigation as a poverty alleviation tool in sub-Saharan Africa. *World Development*, 40(1), 110-123. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.05.007>
- Bursztyn, M. (2020). Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. *Estudos Avançados*, 34(98), 167-186. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3498.011>
- Calca, M. V. C., Raniero, M. R., Anacleto, K. B., Franco, J. R., Dal Pai, A. & Caneppele, F. L. (2021). Uma perspectiva sobre o aproveitamento térmico e a conversão direta da energia solar em áreas rurais no Brasil. *Research, Society and Development*, 10(6), e9810615610-e9810615610. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15610>
- Camargo, L. S. & Barbosa, R. R. (2018). Bibliometria, cienciometria e um possível caminho para a construção de indicadores e mapas da produção científica. *Ponto de Acesso*, 12(3), 109-125. <https://doi.org/10.9771/rpa.v12i3.28408>
- Cardoso, K. A. S. W., Costa, H. G., Silveira, H. M. C., Rodriguez, M. V. R. & Dias, A. C. (2019). Análise dos aspectos que mais influenciam a publicação de artigos em periódicos de elevado impacto científico: revisão sistematizada. *Sistemas & Gestão*, 14(1), 13-27. <http://dx.doi.org/10.20985/1980-5160.2019.v14n1.1412>
- Carozzi, H. J. C., Maia, V. & Nogueira, C. E. C. (2014). Aplicação da tecnologia Keppe-motor® para viabilizar o processo de moto-bombeamento de água em regiões sem acesso à rede elétrica convencional mediante o uso de painéis fotovoltaicos de menor custo. *Revista Thêma et Scientia*, 4(2), 85-100. <https://themaetscientia.fag.edu.br/index.php/rte/article/view/635>
- Carrêlo, I. B., Almeida, R. H., Narvarte, L., Martinez-Moreno, F. & Carrasco, L. M. (2020). Comparative analysis of the economic feasibility of five large-power photovoltaic irrigation systems in the Mediterranean region. *Renewable Energy*, 145, 2671-2682. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.030>
- Carricondo-Antón, J. M., Jiménez-Bello, M. A., Juárez, J. M., Tomas, A. R. & González-Altozano, P. (2023). Optimization of an isolated photovoltaic water pumping system with technical-economic criteria in a water users association. *Irrigation Science*, 41(6), 817-834. <https://doi.org/10.1007/s00271-023-00859-6>
- Carvalho, R. D., Dalsasso, R. L., Guedes, T. L. & Santos, J. A. C. (2018). Otimização do dimensionamento em sistemas de bombeamento fotovoltaico: validação de modelo em sistema piloto na comunidade rural de Rio Belo, Orleans (SC). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23, 1153-1162. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018160134>
- Chabour, H. E., Pardo, M. A. & Riquelme, A. (2022). Economic assessment of converting a pressurised water distribution network into an off-grid system supplied with solar photovoltaic energy. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24(6), 1823-1835. <https://doi.org/10.1007/s10098-022-02290-5>
- Chandel, S. S., Naik, M. N. & Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and

- community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1084-1099. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.083>
- Chandel, S. S., Naik, M. N. & Chandel, R. (2017). Review of performance studies of direct coupled photovoltaic water pumping systems and case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 163-175. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.019>
- Chueke, G. V. & Amatucci, M. (2015). O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. *Internext*, 10(2), 1-5. <https://doi.org/10.18568/1980-4865.1021-5>
- Cintra, P. R. (2018). A produção científica sobre docência no ensino superior: uma análise bibliométrica da SciELO Brasil. *Revista da Avaliação da Educação Superior*, 23, 567-585. <https://doi.org/10.1590/S1414-40772018000200016>
- Costa, L. C. A. & Silva, G. D. P. (2021). Save water and energy: A techno-economic analysis of a floating solar photovoltaic system to power a water integration project in the Brazilian semi-arid. *International Journal of Energy Research*, 45(12), 17924-17941. <https://doi.org/10.1002/er.6932>
- Cruz, T. P. R., Carvalho, L. H. R., Favacho, R. C., Campos, P. S. S., Moraes, R. I. R., Morais, E. C., ...& Chase, O. A. (2020). Análise socioambiental e legislativa dos impactos da energia solar fotovoltaica no Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 63495-63511. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-689>
- Dal Bem, J. C. T., Barbi, I., Normey-Rico, J. E. & Ruther, R. (2016). Solução para bombeamento de água em propriedades rurais utilizando energia solar fotovoltaica. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 7(1), 50-57. <https://doi.org/10.59627/cbens.2016.1302>
- Donato, H. & Donato, M. (2019). Etapas na condução de uma revisão sistemática. *Revista Científica da Ordem dos Médicos*, 32(3), 227-235. <https://doi.org/10.20344/amp.11923>
- Eisermann, J. I. & Brito, M. C. A. (2021). Desempenho de Métodos Numéricos Clássicos em Problemas de Otimização Irrestrita. *Abakos*, 9(2), 25-47. <https://doi.org/10.5752/P.2316-9451.2021v9n2p25-47>
- Farrar, L. W., Bahaj, A. S., James, P., Anwar, A. & Amdar, N. (2022). Floating solar PV to reduce water evaporation in water stressed regions and powering water pumping: Case study Jordan. *Energy Conversion and Management*, 260, 115598-115614. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115598>
- Fernandes, R. M. S. (2024). Adaptação, mitigação e resiliência climática: Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 13 (ODS 13) e os esforços para combater as mudanças climáticas em diferentes partes do mundo. *Revista Sistemática*, 14(3), 718-736. <https://doi.org/10.56238/rcsv14n3-022>
- Fernandez-Ahumada, L. M., Ramirez-Faz, J., Lopez-Luque, R., Varo-Martínez, M., Moreno-García, I. M. & Torre, F. C. (2020). Influence of the design variables of photovoltaic plants with two-axis solar tracking on the optimization of the tracking and backtracking trajectory, *Solar Energy*, 208, 89-100. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.063>
- Fonseca, L. F. S., Silva Júnior, J. M., Farias Neto, J. R., Abrahão, R., & Carvalho, M. (2021). Vulnerabilidade das regiões semiáridas às mudanças climáticas: impactos na produção de energia fotovoltaica. *Research, Society and Development*, 10(3), e4010312931-e4010312931. <http://dx.doi.org/10.33448/rsdv10i3.12931>
- Galdino, J. C. S., Freitas, M. A. V., Silva, N. F., Pereira, M. G. & Ferreira, J. M. D. (2020). Creating the Path for Sustainability: Inserting Solar PV in São Francisco Transposition Project. *Sustainability*, 12(21), 8982-8919. <https://doi.org/10.3390/su12218982>
- Garcia, L. P. & Boing, A. F. (2021). Desafios para a sustentabilidade dos periódicos científicos brasileiros e do Programa SciELO. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26, 5183-5186. <https://doi.org/10.1590/1413-812320212611.3.10652021>
- García-Cascales, M. S., Molina-García, A., Sánchez-Lozano, J. M., Mateo-Aroca, A. & Munier, N. (2021). Multi-criteria analysis techniques to enhance sustainability of water pumping irrigation. *Energy Reports*, 7, 4623-4632. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.07.026>
- Gasque, M., González-Altozano, P., Gutiérrez-Colomer, R. P. & García-Marí, E. (2021). Comparative evaluation of two photovoltaic multi-pump parallel system configurations for optimal distribution of the generated power. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 48, 101634-101645. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101634>
- Ghasemi-Mobtaker, H., Mostashari-Rad, F., Saber, Z., Chau, K. W. & Nabavi-Pelesaraei, A. (2020). Application of photovoltaic system to

- modify energy use, environmental damages and cumulative exergy demand of two irrigation systems—A case study: Barley production of Iran. *Renewable Energy*, 160, 1316-1334. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.047>
- Gopal, C., Mohanraj, M., Chandramohan, P. & Chandrasekar, P. (2013). Renewable energy source water pumping systems—A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 351-370. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.012>
- Gouvêa, A. L., Ávila, C. H., Ladislau, D. O., Lima, G. M., Ribeiro, G. H. M., Vaz, J. A., ... & Malpass, G. R. P. (2022). Índice H dos pesquisadores brasileiros: um olhar comparativo entre as bases de dados WoS, Scopus e Google Scholar. *Research, Society and Development*, 11(5), e13711527832-e13711527832. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27832>
- Guimarães, A. J. R. & Bezerra, C. A. (2019). Gestão de dados: uma abordagem bibliométrica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 24, 171-186. <https://doi.org/10.1590/1981-5344/4192>
- Gunnell, K. E., Belcourt, V. J., Tomasone, J. R. & Weeks, L. C. (2022). Systematic review methods. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 15(1), 5-29. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2021.1966823>
- Guzmán, A. B., Vicencio, R. B., Ardila-Rey, J. A., Ahumada, E. N., Araya, A. G. & Moreno, G. A. (2018). A cost-effective methodology for sizing solar PV systems for existing irrigation facilities in Chile. *Energies*, 11(7), 1853-1871. <https://doi.org/10.3390/en11071853>
- Haddad, S., Benghanem, M., Mellit, A. & Daffallah, K. O. (2015). ANNs-based modeling and prediction of hourly flow rate of a photovoltaic water pumping system: Experimental validation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 635-643. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.083>
- Hadwan, M. & Alkholidi, A. (2018). Assessment of factors influencing the sustainable performance of photovoltaic water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 307-318. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.092>
- Hang, Z., Delan, Z., Zhichao, L., Maosheng, G., Quanming, L., Weihai, Z. & Changxin, L. (2022). Sunlight catching device to adjust the dip angle of photovoltaic panel through water level. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 38(6), 221-229, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.07.058>
- Hauptenthal, S. W., Vilas Boas, M. A., Siqueira, J. A. C. & Tokura, L. K. (2021). Evolution of photovoltaic energy systems applied to water pumping for irrigation Evolução do sistema de energia fotovoltaica aplicada ao bombeamento de água para irrigação. *Latin American Journal of Energy Research*, 8(1), 22-35. <https://doi.org/10.21712/lajer.2021.v8.n1.p22-35>
- Kohls-Santos, P. & Morosini, M. C. (2021). O revisitar da metodologia do estado do conhecimento para além de uma revisão bibliográfica. *Revista Panorâmica*, 33, 123-145. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/revistapanoramica/index.php/revistapanoramica/article/view/1318>
- Ksentini, A. & Azzag, E. B. (2019). Improvement and optimization of an autonomous photovoltaic pumping system. *International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks*, 32(3), e2547-e2560. <https://doi.org/10.1002/jnm.2547>
- Ksentini, A., Azzag, E. B. & Bensalem, A. (2019). Sizing and optimisation of a photovoltaic pumping system. *International Journal of Energy Technology and Policy*, 15(1), 71-85. <https://doi.org/10.1504/IJETP.2019.096619>
- Kumar, M., Reddy, K. S., Adake, R. V. & Rao, C. V. K. N. (2015). Solar powered micro-irrigation system for small holders of dryland agriculture in India. *Agricultural Water Management*, 158, 112-119. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.05.006>
- Kumar, S. S., Bibin, C., Akash, K., Aravindan, K., Kishore, M. & Magesh, G. (2020). Solar powered water pumping systems for irrigation: A comprehensive review on developments and prospects towards a green energy approach. *Materials Today: Proceedings*, 33, 303-307. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.092>
- Kusakana, K. (2018). Optimal operation scheduling of grid-connected PV with ground pumped hydro storage system for cost reduction in small farming activities. *Journal of Energy Storage*, 16, 133-138. <https://doi.org/10.1016/j.est.2018.01.007>
- Li, D., Zhu, D., Wang, R., Ge, M., Wu, S. & Cai, Y. (2020). Sizing optimization and experimental verification of a hybrid generation water pumping system in a greenhouse. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020,

- 1-11. <https://doi.org/10.1155/2020/3194196>
- Li, G., Jin, Y., Akram, M. W. & Chen, X. (2017). Research and current status of the solar photovoltaic water pumping system—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 440-458. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.055>
- López-Luque, R., Reca, J. & Martínez, J. (2015). Optimal design of a standalone direct pumping photovoltaic system for deficit irrigation of olive orchards. *Applied Energy*, 149, 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.107>
- Machado Junior, C., Souza, M. T. S., Santos, I. R. P. & Palmisano, A. (2016). As leis da bibliometria em diferentes bases de dados científicos. *Revista de Ciências da Administração*, 18(44), 111-123. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8077.2016v18n44p111>
- Melo, D. C. P., Oliveira, M. J. M., Cordeiro, L. F. A. & Sousa, W. S. (2021). Estudo do bombeamento de água salobra para irrigação agrícola: solução para uma cooperativa do semiárido nordestino com energia solar fotovoltaica. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12(4), 449-456. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0035>
- Moita Neto, J. M., Silva, M. C. & Oliveira Junior, G. B. (2024). Tecnologias energeticamente sustentáveis no semiárido brasileiro: potencialidades físicas e desafios socioambientais para uma transição energética justa e responsável. *Desenvolvimento Regional em Debate*, 14, 601-616. <https://doi.org/10.24302/drd.v14.5376>
- Moraes, A. M., Morante, F., Valer, L. R. & Fedrizzi, M. C. (2020). Análise da gestão e operação de sistemas de bombeamento fotovoltaico no semiárido brasileiro. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 24, 256-267. <https://170.210.203.22/index.php/averma/article/view/1981>
- Moraes, A. M., Valer, L. R., Morante, F., Fedrizzi, M. C., Zilles, R. & Melendez, T. A. F. (2017). Projeto Sol e Água no Sertão: processo de implantação e avaliação de um sistema de bombeamento fotovoltaico para irrigação de uso familiar no semiárido brasileiro. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 21, 12.11-12.20. <http://170.210.203.22/index.php/averma/article/view/1306>
- Moraes, L. L. & Kafure, I. (2020). Bibliometria e ciência de dados um exemplo de busca e análise de dados da Web of Science (WoS). *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 18, e020016- e020037. <https://doi.org/10.20396/rdbci.v19i0.8658521>
- Morais, F. H. M., Guimarães, J. C. & Lopes, W. G. R. (2023). Produção científica (2011-2021) sobre políticas públicas voltadas ao semiárido por meio de tecnologias sociais. *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade*, 12(2), 86-110. <http://dx.doi.org/10.17648/aos.v12i2.2701>
- Morais, F. H. M., Silva, O. A. V. O. L., Moraes, A. M. & Barbosa, F. R. (2021). Influência da Irradiação Solar na Análise de Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 36(4), 1-12. <https://doi.org/10.1590/0102-7786360049>
- Mugnaini, R., Damaceno, R. J. P., Digiampietri, L. A. & Mena-Chalco, J. P. (2019). Panorama da produção científica do Brasil além da indexação: uma análise exploratória da comunicação em periódicos. *Transinformação*, 31, e190033- e190048. <https://doi.org/10.1590/2318-0889201931e190033>
- Muralidhar, K. & Rajasekar, N. (2021). A review of various components of solar water-pumping system: Configuration, characteristics, and performance. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 31(9), e13002-e13035. <https://doi.org/10.1002/2050-7038.13002>
- Mwanza, M., Kaoma, M., Bowa, C. K., Çetin, N. S. & Ülgen, K. (2017). The potential of solar energy for sustainable water resource development and averting national social burden in rural areas of Zambia. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.21533/pen.v5i1.64>
- Nardone, J. P. (2023). A Assimilação dos ODS, da Agenda 2030, pelos Municípios Brasileiros. *Cadernos s da Escola Paulista de Contas Públicas*, 1(11), 107-128. <https://www.tce.sp.gov.br/epcp/cadernos/index.php/CM/article/view/253>
- Nogueira, C. E. C., Bedin, J., Niedzialkoski, R. K., Souza, S. N. M. & Neves, J. C. M. (2015). Performance of monocrystalline and polycrystalline solar panels in a water pumping system in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 1610-1616. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.082>
- Oliveira, G. S., Lima, E. F. A., Nunes, V. F., Freire, F. N. A. & Almeida, A. F. L. (2018). Cálculo teórico de um sistema de bombeamento

- fotovoltaico e simulação de aplicação na agricultura familiar. *Irriga*, 1(2), 47-52. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2018v1n2p47-52>
- Olsson, A., Campana, P. E., Lind, M. & Yan, J. (2015). PV water pumping for carbon sequestration in dry land agriculture. *Energy Conversion and Management*, 102, 169-179. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.12.056>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2022). A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. *Pan American Journal of Public Health*, 46, e112-e124. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.112>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & McKenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, 1-36. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
- Pandey, A. K., Tyagi, V. V., Jeyraj, A., Selvaraj, L., Rahim, N. A. & Tyagi, S. K. (2016). Recent advances in solar photovoltaic systems for emerging trends and advanced applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 859-884. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.043>
- Pedri, P. & Araújo, R. F. (2021). Revisão por pares aberta em questão: uma breve análise sistemática. *Páginas a&b*, 3(especial), 118-122. <https://doi.org/10.21747/21836671/pagnesppk11>
- Pereira, H. M. P. & Mendes, L. F. R. (2019). Análise de rendimento do sistema de bombeamento de água por energia solar fotovoltaica para irrigação de um viveiro de mudas. *Vértices*, 21(3), 463-494. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v21n32019p463-494>
- Pereira, R. F. A. (2021). Bombeamento de água utilizando sistemas fotovoltaicos. *Engineering Sciences*, 9(1), 85-91. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.001.0009>
- Periasamy, P., Jain, N. K. & Singh, I. P. (2015). A review on development of photovoltaic water pumping system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 918-925. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.019>
- Picazo, M. Á. P., Juárez, J. M. & García-Márquez, D. (2018). Energy consumption optimization in irrigation networks supplied by a standalone direct pumping photovoltaic system. *Sustainability*, 10(11), 4203-4220. <https://doi.org/10.3390/su10114203>
- Pitilin, T. R. & Sanches, S. P. (2020). A caminhabilidade: uma análise bibliométrica. *Revista de Morfologia Urbana*, 8(2), e00129-e00140. <https://doi.org/10.47235/rmu.v8i2.129>
- Razera, J. C. C. (2016). Contribuições da cienciometria para a área brasileira de Educação em Ciências. *Ciência & Educação*, 22(3), 557-560. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160030001>
- Roblin, S. (2016). Solar-powered irrigation: A solution to water management in agriculture? *Renewable Energy Focus*, 17(5), 205-206. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2016.08.013>
- Rocha, B. P., Santos, L. D. V., Silva, L. N. & Holanda, F. S. R. (2022). Matriz de estratégias de inovação para empresas de base tecnológica. *Conjecturas*, 22(11), 642-656. <http://dx.doi.org/10.53660/CONJ-1444-Z10>
- Rubio-Aliaga, Á., García-Cascales, M. S., Sánchez-Lozano, J. M. & Molina-García, A. (2019). Multidimensional analysis of groundwater pumping for irrigation purposes: Economic, energy and environmental characterization for PV power plant integration. *Renewable Energy*, 138, 174-186. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.077>
- Rubio-Aliaga, Á., García-Cascales, M. S., Sánchez-Lozano, J. M. & Molina-García, A. (2021). MCDM-based multidimensional approach for selection of optimal groundwater pumping systems: Design and case example. *Renewable Energy*, 163, 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.079>
- Rubio-Aliaga, Á., Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., Benhamou, M. & Molina-García, A. (2016). GIS based solar resource analysis for irrigation purposes: Rural areas comparison under groundwater scarcity conditions. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 156, 128-139. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2016.06.045>
- Saavedra, A., Galvis, N. A., Castaneda, M., Zapata, S., Mesa, F. & Aristizábal, A. J. (2021). Feasibility of using photovoltaic solar energy for water treatment plants. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(3), 1962-1968. <http://doi.org/10.11591/ijece.v11i3.pp1962-1968>
- Sanna, A., Buchspies, B., Ernst, M. & Kaltschmitt, M. (2021). Decentralized brackish water

- reverse osmosis desalination plant based on PV and pumped storage-Technical analysis. *Desalination*, 516, 115232-115235. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115232>
- Santos, S. M. (2021). Os desafios da bibliometria e da cienciometria na transição para a ciência aberta. In: Machado, R. N., Rodrigues, K. O. & Barros, S. S. (org). *Diálogos sobre bibliometria e cienciometria*, (p. 37-58), Edfuba. <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/33901>
- Santos, Y. C., Pessoa, Z. S., Carvalho, E. F., Dias, E. M. S., & Teixeira, R. L. P. (2023). Enfrentamento aos riscos das mudanças climáticas no semiárido brasileiro: a adaptação climática como uma nova agenda governamental. *Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa*, 22(1), 46-66. <https://doi.org/10.12660/rgplp.v22n1.2023.85670>
- Schumann, L. R. M. A. & Calabro, L. (2024). A avaliação científica baseada em índices de citação: Histórico do desenvolvimento do fator de impacto, suas fragilidades e proposições de outras soluções. *Research, Society and Development*, 13(9), e7413946878-e7413946878. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i9.46878>
- Seme, S., Štumberger, B., Hadžiselimović, M. & Sredenšek, K. (2020). Solar photovoltaic tracking systems for electricity generation: A review. *Energies*, 13(16), 4224-4248. <https://doi.org/10.3390/en13164224>
- Shao, W., Liu, J., Zhu, M., Weng, B., Wang, N., Huang, H., ... & Jiang, S. (2018). Evaluation of a photovoltaic water-supply scheme for the surface water system in Xiamen, China. *Applied Energy*, 230, 357-373. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.067>
- Silva Júnior, P. C., Costa, J., Moraes, A. M. & Lira, M. A. T. (2020). Estudo e avaliação da implantação de sistemas fotovoltaicos no meio rural em associações e cooperativas piauienses. *Revista Brasileira de Energia Solar*, 11(2), 115-123. <https://doi.org/10.59627/rbens.2020v11i2.316>
- Silva, L. A. P., Silva, C. R., Souza, C. M. P., Bolfe, É. L., Souza, J. P. S., & Leite, M. E. (2023). Mapeamento da aridez e suas conexões com classes do clima e desertificação climática em cenários futuros-Semiárido Brasileiro. *Sociedade & Natureza*, 35, e67666- e67679. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-67666>
- Silva, M. A., Souza, S. V., Gimenes, R. M. T. & Lopes, A. C. V. (2022). Energia fotovoltaica na agricultura familiar: um estudo de caso na região de Dourados-MS. *Informe GEPEC*, 26(2), 69-86. <https://doi.org/10.48075/igepec.v26i2.26993>
- Silva, N. T. P. (2021). Geração fotovoltaica no semiárido pernambucano uma explanação do potencial energético do sertão do Pajeú. *Revista Multidisciplinar do Sertão*, 3(3), 293-301. <https://doi.org/10.37115/rms.v3i3.355>
- Silva, N. D. B. & Brandão, C. F. (2020). A Pós-Graduação Stricto Sensu no Brasil: um estudo a partir dos documentos legais. *Comunicações*, 27(2), 41-61. <http://dx.doi.org/10.15600/2238-121X/comunicacoes.v27n2p41-61>
- Singh, D. B., Mahajan, A., Devli, D., Bharti, K., Kandari, S., Mittal, G. (2021). A mini review on solar energy based pumping system for irrigation. *Materials Today: Proceedings*, 43, 417-425. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.716>
- Soares, P. B., Carneiro, T. C. J., Calmon, J. L., & Castro, L. O. C. O. (2016). Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. *Ambiente Construído*, 16, 175-185. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000100067>
- Soares, S. V., Lima Filho, R. N. & Casa Nova, S. P. C. (2020). Google Acadêmico: Uma Opção Para Análise de Citações dos Periódicos Brasileiros de Contabilidade? *Revista Gestão Universitária da América Latina*, 13(2), 140-160. <https://doi.org/10.5007/1983-4535.2020v13n2p140>
- Tambo, F. L. R., Thebaldi, M. S. & Lima, L. A. (2020). Easydrip: dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento energizada por sistemas fotovoltaicos em regiões moçambicanas. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 69549-69567. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-413>
- Todde, G., Murgia, L., Deligios, P. A., Hogan, R., Carrelo, I., Moreira, M., ... & Narvarte, L. (2019). Energy and environmental performances of hybrid photovoltaic irrigation systems in Mediterranean intensive and super-intensive olive orchards. *Science of the Total Environment*, 651, 2514-2523. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.175>
- Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., ... & Obergfell, T. (2021). Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,

- 140, 110694-110707.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110694>
- Valer, L. R., Melendez, T. A., Fedrizzi, M. C., Zilles, R. & Moraes, A. M. (2016). Variable-speed drives in photovoltaic pumping systems for irrigation in Brazil. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 15, 20-26.
<https://doi.org/10.1016/j.seta.2016.03.003>
- Valer, L. R., Moraes, A. M., Morante, F., Zilles, R. & Fedrizzi, M. C. (2013). Experiências no semiárido cearense na implantação de sistemas fotovoltaicos para irrigação: lições aprendidas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 17, 1-10.
- Verma, S., Mishra, S., Chowdhury, S., Gaur, A., Mohapatra, S., Soni, A. & Verma, P. (2021). Solar PV powered water pumping system: A review. *Materials Today: Proceedings*, 46, 5601-5606.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.434>
- Viçosi, K. A., Freitas, I. A. S., Silva, E. C., Costa, J. P., Silva, J. F., Barroso, F. M., ... & Matos, F. S. (2018). Cienciometria: análise qualitativa e quantitativa da literatura científica global sobre estresses abióticos em *Jatropha curcas* L. *Agri-Environmental Sciences*, 4(2), 1-48.
<https://doi.org/10.36725/agries.v4i2.530>
- Vilas Boas, R. F., Campos, F. F. & Amaro, B. (2021). Análise dos critérios formais de qualidade editorial: a política de classificação de periódicos científicos a partir do Qualis Periódicos. *Informação & Informação*, 26(1) 28-52.
<https://doi.org/10.5433/1981-8920.2021v26n1p28>
- Villalva, M. G. (2015). *Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações*. (2 ed). Érica.
- Wazed, S. M., Hughes, B. R., O'Connor, D., & Calautit, J. K. (2017). Solar driven irrigation systems for remote rural farms. *Energy Procedia*, 142, 184-191.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.030>
- Wazed, S. M., Hughes, B. R., O'Connor, D., & Calautit, J. K. (2018). A review of sustainable solar irrigation systems for Sub-Saharan Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1206-1225.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.039>
- Xie, H., Ringler, C. & Mondal, A. H. (2021). Solar or diesel: a comparison of costs for groundwater-fed irrigation in sub-Saharan africa under two energy solutions. *Earth's Future*, 9(4), e2020EF001611-e2020EF001632.
<https://doi.org/10.1029/2020EF001611>
- Yahyaoui, I., Chaabene, M. & Tadeo, F. (2016). Evaluation of Maximum Power Point Tracking algorithm for off-grid photovoltaic pumping. *Sustainable Cities and Society*, 25, 65-73.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.11.005>
- Yahyaoui, I., Tadeo, F. & Segatto, M. V. (2017). Energy and water management for drip-irrigation of tomatoes in a semi-arid district. *Agricultural Water Management*, 183, 4-15.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.08.003>
- Yaichi, M., Tayebi, A., Mammeri, A. & Boutadara, A. (2022). Performance of a PV field's discontinuous two-position sun tracker systems supplying a water pumping system: Concept, theoretical and experimental studies—A case study of the Adrar area in Algeria's Sahara. *Renewable Energy*, 201, 548-562.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.10.095>
- Yan, Y., Wang, Y., Yan, J., Liu, Z., Liao, Q. & Wang, B. (2023). Tech-economic modeling and analysis of agricultural photovoltaic-water systems for irrigation in arid areas. *Journal of Environmental Management*, 338, 117858-117871.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117858>
- Yang, Z., Sun, G., Behrens, P., Østergaard, P. A., Egusquiza, M., Egusquiza, E., ... & Patelli, E. (2021). The potential for photovoltaic-powered pumped-hydro systems to reduce emissions, costs, and energy insecurity in rural China. *Energy Conversion and Management: X*, 11, 100108-100122.
<https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100108>
- Zavala, V., López-Luque, R., Reca, J., Martínez, J. & Lao, M. T. (2020). Optimal management of a multisector standalone direct pumping photovoltaic irrigation system. *Applied Energy*, 260, 114261-114273.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114261>
- Zhang, J., Liu, J., Campana, P. E., Zhang, R., Yan, J. & Gao, X. (2014). Model of evapotranspiration and groundwater level based on photovoltaic water pumping system. *Applied Energy*, 136, 1132-1137.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.05.045>
- Zhang, Q., Ge, M., Wu, P., Wei, F., Xue, S., Wang, B., & Ge, X. (2023). Solar photovoltaic coupled with compressed air energy storage: A novel method for energy saving and high quality sprinkler irrigation. *Agricultural Water Management*, 288, 108496-108510.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108496>