

AValiação DO POTENCIAL DE ENERGIA HIDROcinÉTICA EM CANAIS DE IRRIGAÇÃO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

GUILHERME H. RAMOS¹, RAFAEL M. BARTZ², RICARDO S. POHNDORF³, MAURIZIO S. QUADRO⁴

¹Aluno de graduação, Curso de Engenharia Agrícola, Centro de Engenharias, UFPel, Pelotas - RS, Fone: (53) 99241.7655, guilhermehirsch97@gmail.com

²Aluno de graduação, Curso de Engenharia Agrícola, Centro de Engenharias, UFPel, Pelotas - RS

³Engº Agrícola, Prof. Doutor, Curso de Engenharia Agrícola, Centro de Engenharias, UFPel, Pelotas - RS

⁴Engº Agrícola, Prof. Doutor, Curso de Engenharia Agrícola, Centro de Engenharias, UFPel, Pelotas - RS

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: A produção de energia elétrica é um tema de ampla discussão e sua diversificação em áreas rurais deve ser estimulada. Energia hidrocínética é a energia do movimento da água, que pode ser convertida em energia elétrica onde houver fluxo de águas com uso de turbinas hidrocínéticas. Este estudo tem como objetivo elaborar um estudo de revisão bibliográfica sobre aplicação de sistemas de energia hidrocínética em canais de irrigação. A revisão bibliográfica foi feita através do uso do portal Science Direct ©, onde se consultaram artigos e publicações relacionadas à área de estudo. A revisão permitiu realizar uma análise e discussão sobre a aplicação de sistemas hidrocínéticos em canais de irrigação, em que eles podem ser muito úteis para as produções agrícolas locais desde que as condições de extração de energia hidrocínética sejam atendidas. Se concluiu que os sistemas geradores também não são impactantes ao ambiente onde são utilizados, apenas que o usuário deve verificar que tipo de equipamento é melhor aplicável e sua rentabilidade econômica.

PALAVRAS-CHAVE: Energia; Hidrocínética; Canal

EVALUATION OF THE HYDROKINETIC ENERGY POTENTIAL OF IRRIGATION CANALS: LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: The production of electric energy is a topic of wide discussion and its diversification in rural areas must be stimulated. Hydrokinetic energy is the energy of water motion, which can be converted into electric energy wherever water flows with the use of a hydrokinetic turbine. This study aims to develop a literature review study on the application of hydrokinetic energy systems in irrigation canals. The bibliographic review was carried out using the site Science Direct ©, where articles and publications related to the study area were consulted. The review made it possible to perform an analysis and discussion on the application of hydrokinetic systems in irrigation canals, in which they can be very useful for local agricultural productions as long as the conditions for hydrokinetic energy extraction are met. It was concluded that the generating systems are also not impacting the environment where they are used, only that the user must verify which type of equipment is best applicable and its economic profitability.

KEYWORDS: Energy; Hydrokinetics; Canal

INTRODUÇÃO: Energia hidrocínética é a energia associada à velocidade da água devido ao seu movimento, que pode ser convertida em energia elétrica a partir de turbinas hidrocínéticas (HOLANDA, 2017). Esse tipo de produção energética pode ser uma nova prática econômica no ponto de geração de energia elétrica em propriedades rurais. Estudos mostram que já há como aplicar esse tipo de energia em jusantes de usinas hidrelétricas e rios, onde o fluxo de água é altíssimo e a extração de energia é garantida (GUZMÁN et al., 2019). Nas últimas décadas, muitos países em desenvolvimento se vêm com interesse em esquemas hidroelétricos em menor escala, para assim facilitar a energização rural e, conseqüentemente, a economia local, sem a necessidade de trazer cabos ou desenvolver estações de energia em locais mais remotos. Isso pode então providenciar energia elétrica para indústrias, atividade agrícola e uso doméstico (MTALO et al., 2010). Locais isolados como propriedades rurais, longe de centros urbanos, apresentam maior disponibilidade de reservatórios ou fluxos de água, como rios, arroios e canais (KUSAKANA, 2015). E no caso de energia hidrocínética, se diferencia de energias eólica e fotovoltaica num ponto vital que é a constância. Visto que o fluxo de água pode ser incessante, com problemas visualizados mais em épocas de estiagens, a produção energética traz maior segurança (BERMÚDEZ et al., 2014). Portanto, sua aplicação em propriedades rurais seria de grande interesse para todos que a utilizam e pode ser expandida de acordo com a disponibilidade de bancos de água como canais de irrigação. Este trabalho então tem como objetivo verificar através de revisão bibliográfica a aplicabilidade de geração de energia hidrocínética em canais de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi feito a partir de revisão bibliográfica de diversos trabalhos sobre energia hidrocínética e seu potencial para geração de energia elétrica. A busca por publicações relacionadas à área de estudo foi realizada, em sua grande maioria, pelo portal Science Direct ©, onde se estudou não só sobre como a energia hidrocínética é gerada, mas também como e onde pode ser aplicada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Conforme dados do Anuário Estatístico de Energia (Brasil, 2020), foram consumidos em zonas rurais do estado do Rio Grande do Sul, mais de 4.200 GWh (gigawatt hora) somente em 2020. A produção de energia a partir de sistemas hidráulicos representa mais de 60% da produção nacional. Desta forma, o aprimoramento e expansão para tecnologias que não usem grandes áreas alagadas representa uma vantagem econômica e ambiental. A geração de tecnologias que utilizem a energia de corpos hídricos, canais e estruturas de irrigação pode representar uma vantagem para auxiliar a expansão na energização rural. A instalação de equipamentos hidrocínéticos deve antes levar em conta o ponto selecionado, visto que a velocidade do curso de água e a profundidade do segmento impactam diretamente na eficiência da tecnologia, impactando diretamente na atratividade de um empreendimento qualquer (AMARAL, 2021). Em relação aos tipos de equipamentos utilizados para a geração de energia hidrocínética, Khan et al. (2009) fornecem uma base para os tipos de turbinas utilizados nesse tipo de sistema, podendo ser axiais (horizontais), verticais, fluxo cruzado, venturi ou vórtice gravitacional. Similar aos sistemas de turbinas eólicas, existem dois arranjos de sistemas hidrocínéticos, podendo ser de rotores de eixo horizontal ou vertical. O primeiro é normalmente escolhido para aplicações de corrente oceânica em maior escala, enquanto o segundo é mais favorável para correntes fluviais (BEHROUZI et al., 2016). Segundo Salleh et al. (2019), entre várias turbinas hidrocínéticas de eixo vertical, a turbina de arranjo Savonius é considerada adequada para aplicações em correntes fluviais. Na Figura 1 se vê um esquema de funcionamento básico de uma turbina.

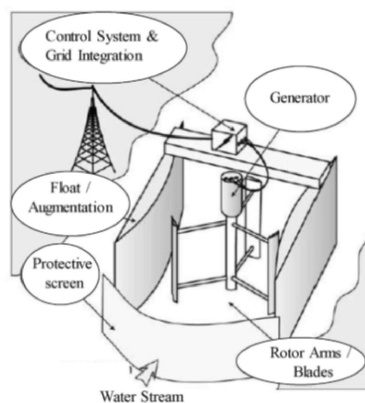


FIGURA 1. Funcionamento básico de uma turbina hidrocínética (KHAN et al, 2009).

Além das turbinas, as instalações, ou ancoragens, são de extrema importância para o sistema hidrocínético. Existem dois tipos de ancoragem de geradores hidrocínéticos: ancoragem sólida e ancoragem flutuante. No Brasil o de ancoragem sólida foi desenvolvido pela equipe de pesquisa do departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília, sendo instalada em Correntina no estado da Bahia em agosto de 2005 e em Maracá no Amapá em outubro de 2006. O segundo tipo de ancoragem em que as turbinas hidrocínéticas podem apresentar é a ancoragem flutuante, realizada com boias, que dão sustentação para a turbina e impede que o conjunto afunde (BRASIL JUNIOR et al., 2007). Se conhecendo que tipos de equipamentos são utilizados, é possível analisar sistemas existentes. Kusakana (2015), verificou que o uso de sistemas hidrocínéticos a base de armazenamento hidrelétrico bombeado (ou PHS, de *pumped hydro storage*) para suplementação de energia elétrica a zonas rurais fora da rede foi viável desde que houvesse um suprimento de água em um reservatório satisfatório, com um sistema de micro-PHS garantindo energia sem parar, além de não ser danoso ao meio ambiente. O autor utiliza um modelo de simulação denominado HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) para análise dos dados, onde utilizou o módulo hidrocínético de uma turbina eólica e o PHS como um “dispositivo de armazenamento elétrico adiável”. A concepção de seu sistema pode ser vista a seguir na Figura 2. No entanto, o autor destaca que para seu funcionamento seria necessário utilizar um reservatório de água e que deve ser movimentado por alguma turbina.

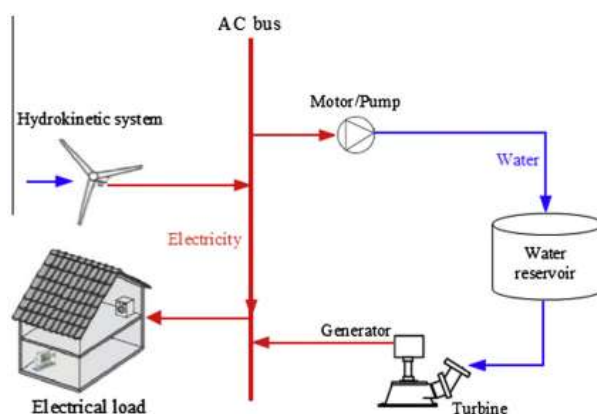


FIGURA 2. Esquematização do sistema proposto de Kusakana (2015).

Guzmán et al. (2019) realizaram estudos em como desenvolver, instalar e extrair energia hidrocínética de curso de rios a partir de uma usina hidrelétrica de vórtex gravitacional (ou GVHP, de *gravitational vortex hydropower plant*) de 10 kW, como visto na Figura 3.



FIGURA 3. Funcionamento da GVHP proposta por Guzmán et al. (2019).

Utilizando o curso natural do rio de uma propriedade rural, foi capaz de produzir energia com uma velocidade mínima de 0,5 m/s e profundidade de 1 m. Amaral (2021) verificou que em casos de baixa velocidade e profundidade, não há como aplicar um sistema hidrocínético em qualquer percurso de água. Em termos de profundidade, os estudos de Amaral (2021), verificou que pontos com mais de 3 m possuíam turbulência, o que gera inconsistências demais para haver velocidade satisfatória. Segundo os autores Guzmán et al. (2019) e Abaque (2016) a velocidade mínima de corpos hídricos para a geração de energia hidrocínética viável deve ser de 0,5 m/s. Estes dados Amaral (2021) não conseguiu atingir em seu estudo, concluindo que, mesmo com grandes volumes de água, não há garantias de instalação em todos os pontos, devendo verificar onde o fluxo é viável e mais constante. Oliveira (2021) verificou como a implantação de sistemas hidrocínicos em zonas isoladas como o interior do estado do Amazonas afetaria a população local. No estudo, além da determinação do potencial hidrocínético, o autor busca verificar a atratividade de implementação do sistema. Análise das seções selecionadas para estudos foram feitas através do Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental, ou SisBaHiA®. Mesmo com o sistema sendo aplicado para rios, é algo que leva em conta todos os pontos de uma avaliação do potencial hidrocínético de um corpo d'água, visto que interage com o potencial de mercado, podendo ser algo ampliado e realmente auxiliando regiões isoladas, que normalmente se encontram fora da rede ou longe dela. Ainda sobre a aplicação em rios e voltado para a aplicabilidade de mercado, Santos (2019) aplica uma metodologia para estimar o potencial hidrocínético de dois rios localizados na bacia do rio Amazonas, baseada em simulações numéricas de rios usando o software ANSYS CFX com o auxílio de dados experimentais, como batimetria, juntamente com dados coletados em campanhas de medição de vazão para estudar pontos de velocidade máxima e planejamento da configuração da turbina nas regiões das seções transversais dos rios. Com base nessas análises, fatores como número de turbinas, potencial energético e viabilidade econômica (considerando incertezas) podem ser estimados. A potência instalada estimada nos locais foi de 109,5 e 31,5 kW, enquanto o custo nivelado de eletricidade variou entre 80 e 125 USD / MWh. Entretanto, como rios podem ser pouco constantes em diferentes estações do ano, se procura compreender como canais de irrigação podem ser explorados no quesito de geração de energia elétrica, já que permanecem controlados durante todo ano ou por uma determinada temporada de uso (safra). Castillo (2021) foi capaz de verificar que o fluxo de um canal de irrigação serviu para a geração de energia elétrica suficiente para abastecer uma motobomba para uso em irrigação por aspersão. O canal possui um fluxo de 1,8 m/s e uma capacidade de 9 m³/s, o que possibilitou a irrigação de uma área de 8 mil hectares (Castilhos, 2021). Domínguez & Quezada (2019) verificaram que o uso de uma turbina hidrocínética cônica seria bem aplicada em canais de irrigação, mais do que outros formatos, onde o canal

verificado tinha uma velocidade de 2,7 m/s e a turbina gerou cerca de 6,27 kW, similar ao estudo de Castillo (2021). Ou seja, a aplicação de turbinas hidrocínéticas em canais de irrigação atende as demandas energéticas, podendo ser maximizado de acordo com o tipo de turbina utilizada e características do canal de irrigação. Em termos de personalização do sistema, Niebuhr et al. (2019) fornecem uma gama de turbinas e estilos de estrutura diferentes de acordo com o canal adotado. Já Saini et al. (2021) especificam como uma linha de turbinas deve ser imposta num canal de irrigação, concluindo que a disposição de turbinas deve levar em conta a turbulência e velocidade da água. Por exemplo, para 1 m/s, levará 216 m para que a água volte a sua velocidade normal para assim gerar mais energia hidrocínética.

CONCLUSÕES: Através dos estudos revisados, se verificou que a aplicação de sistemas hidrocínéticos em canais de irrigação são bem aceitos e podem ser melhorados. O usuário deve, no entanto, verificar os atributos do canal antes de iniciar planejamentos, visto que a velocidade do fluxo de água e profundidade do canal impactam diretamente com a produção de energia elétrica. Ademais, deve-se configurar os equipamentos de modo que atendam às necessidades dos seus consumidores.

REFERÊNCIAS:

ABAQUE. **A Energia Hidrocínética já é uma Realidade**. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <

<https://www.linkedin.com/pulse/energia-hidroc%C3%A9tica-j%C3%A1-%C3%A9-uma-realidade-jose-augusto-p-pessoa/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

AMARAL, C. Z. **Identificação e mapeamento de regiões potenciais à instalação de turbinas hidrocínéticas na bacia hidrográfica do Rio São Francisco Verdadeiro – Oeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel – PR, 2021.

BEHROUZI, F.; NAKISA, M.; MAIMUN, A.; AHMED, Y. M. Renewable energy potential in Malaysia: Hydrokinetic river/marine technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 62, p. 1270–1281, 2016.

BERMÚDEZ, J. M.; RUISÁNCHEZ, E.; ARENILLAS, A.; MORENO, A. H.; MENÉNDEZ, J. A. New concept for energy storage: Microwave-induced carbon gasification with CO₂. **Energy Conversion and Management**, v. 78, p. 559–564, 2014.

BRASIL. Ministério das Minas e Energias. **Anuário Estatístico de Energia 2021, ano base 2020**. Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em:

<

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf#search=anu%C3%A1rio>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

BRASIL JUNIOR, A. C. P.; ELS, R. V.; SALOMON, L. R. B.; OLIVEIRA, T.; RODRIGUES, A. P.; FERREIRA, W. O. **Turbina Hidrocínética Geração 3**. Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação – Instituto CGTI, 2007.

CASTILLO, F. C. R. **Estudio de una turbina hidrocínética para abastecer de energía eléctrica a equipos de riegos tecnificados en el canal de irrigación del distrito de San**

Lorenzo de la Provincia de Jauja, 2021. Tese (Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica) – Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2021.

DOMÍNGUEZ, R. J. V.; QUEZADA, R. R. G. **Performance de uma turbina hidrocínética cônica a partir del potencial hidraulico de um canal de regadío**. Tese (Graduação em Engenharia Mecânica Eletricista) – Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Trujillo, 2019.

GUZMÁN, V. J. A.; GLASSCOCK, J. A.; WHITEHOUSE, F. Design and construction of an off-grid gravitational vortex hydropower plant: A case study in rural Peru. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 35, p. 131–138, 2019.

HOLANDA, P. **Avaliação de potencial hidrocínético à jusante de centrais hidrelétricas**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, 2017. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia. Disponível em: <<http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/10515>>. Acesso em: 19 de maio de 2022.

KHAN, M. J.; BHUYAN, G.; IQBAL, M. T.; QUAYCOE, J. E. Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines for river and tidal applications: A technology status review. **Applied Energy**, v. 86, n. 10, p. 1823-1835, 2009.

KUSAKANA, K. Feasibility analysis of river off-grid hydrokinetic systems with pumped hydro storage in rural applications. **Energy Conversion and Management**, v. 96, p. 352–362, 2015.

MTALO F; WAKATI R; TOWO A; MAKHANU SK; MUNYANEZA O; ABATA B. **Design and fabrication of cross flow turbine**. Cairo, Egypt, 2010.

NIEBUHR, C. M.; Van DIJK, M.; NEARY, V. S.; BHAGWAN, J. S. A review of hydrokinetic turbines and enhancement techniques for canal installations: Technology, applicability and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 113, 2019.

OLIVEIRA; C. H. C. **Avaliação do potencial hidráulico com turbinas hidrocínéticas e sua atratividade para sistemas isolados e geração distribuída em localidades da região amazônica**. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia/COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

SAINI, G; KUMAR, A.; SAINI, R. P. Assessment of hydrokinetic energy – A case study of eastern Yamuna canal. **Materials Today: Proceedings**, v. 46, 2021.

SALLEH; M. B.; KAMARUDDIN; N. M.; MOHAMED-KASSIM; Z. Savonius hydrokinetic turbines for a sustainable river-based energy extraction: A review of the technology and potential applications in Malaysia. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 36, 2019.