Gestão:

Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

Armazenamento Hidráulico de Energia utilizando um Sistema Híbrido Solar-Turbina *Crossflow*

prh anp 60/UFPA

Nobre, J. C. A. [1]; Vaz, J. R. P. [2]

[1]Bolsista do PRH 60/UFPA, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Belém – PA. E-mail: jean.nobre@ananindeua.ufpa.br

[2]Docente do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal do Pará, Ananindeua – PA. E-mail: jerson@ufpa.br

1. INTRODUÇÃO

O sistema híbrido *off-grid* proposto neste trabalho foi concebido para uma aplicação residencial rural no Sítio Karuvaz, localizado no município de Acará-PA (Figura 1).

O dimensionamento considera a disponibilidade dos recursos solar e hídrico, buscando aproveitar a energia solar durante o período de maior disponibilidade e armazená-la na forma de energia potencial hidráulica para posterior recuperação via turbina do tipo *crossflow*.

Objetivo geral

Analisar a integração de um sistema híbrido solar com uma turbina *crossflow* para armazenamento hidráulico de energia, avaliando a capacidade de recuperação de energia potencial hidráulica na forma de potência elétrica.

Objetivo específico 1

Avaliar o comportamento da turbina *crossflow* sob diferentes condições de operação hidráulica.

Objetivo específico 2

Determinar a potência elétrica e a energia recuperável pelo sistema de armazenamento hidráulico.

Figura 1 — Sítio Karuvaz.



Fonte: DCO, 2022.

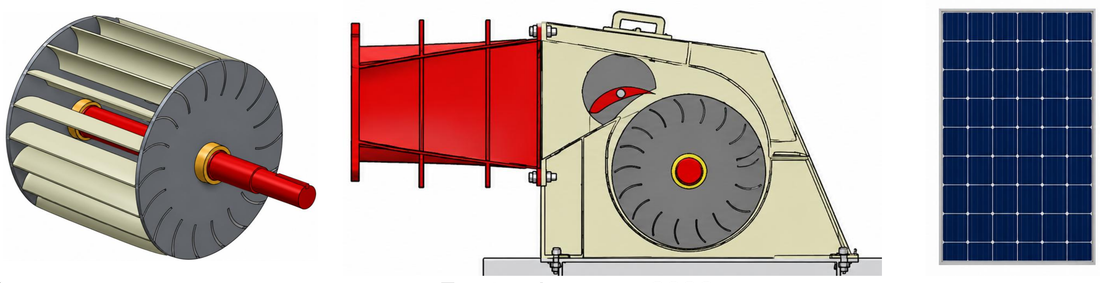
2. METODOLOGIA

1 Definição do problema → 2 Sistemas e procedimentos → 3 Modelagem/ Simulação → 4 Ensaios/ Validação → 5 Análise dos dados

O presente trabalho propõe a análise de um sistema de armazenamento hidráulico utilizando uma turbina *crossflow* estudada na pesquisa de Adhikari, Vaz e Wood (2016).

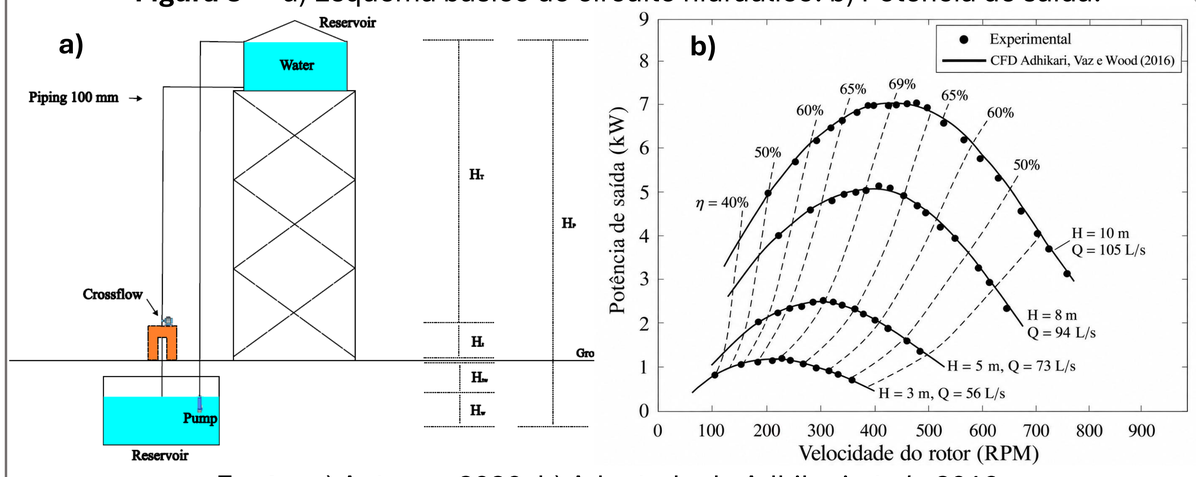
O sistema solar preliminar é composto por cinco módulos fotovoltaicos de 245 W, totalizando uma potência instalada de 1,225 kWp. Considerando uma eficiência global de 85% e as médias mensais de horas de sol pleno fornecidas pelo CRESESB (2026), estima-se uma geração fotovoltaica média de aproximadamente 158,6 kWh/mês. Dessa forma, considerando a demanda energética residencial de 209 kWh/mês, identifica-se um déficit de aproximadamente 50,4 kWh/mês. A Figura 2 e 3 mostram exemplares de um rotor de fluxo cruzado, painel solar e um esquema básico do circuito hidráulico da turbina *crossflow* e potência de saída.

Figura 2 — Turbina *crossflow* e painel solar.



Fonte: Autores, 2026.

Figura 3 — a) Esquema básico do circuito hidráulico. b) Potência de saída.



Fonte: a) Autores, 2026; b) Adaptado de Adhikari *et al.*, 2016.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma altura de queda d'água de 5 m e uma tubulação com diâmetro interno de 0,1 m, a potência elétrica estimada na turbina *crossflow* pode atingir 2 kW durante o período de operação. Considerando um reservatório de 2.000 L, a elevada vazão de escoamento provoca seu esvaziamento em um intervalo relativamente curto, resultando em uma geração diária estimada de aproximadamente 0,11 kWh/dia. Esse resultado evidencia que, para o sistema proposto, a limitação não está apenas na potência hidráulica disponível, mas principalmente na quantidade de água armazenada e no tempo de operação da turbina.

4. CONCLUSÃO

Nesse contexto, o principal desafio deste trabalho consiste no desenvolvimento e na otimização da turbina *crossflow* para ser capaz de operar em aplicações residenciais em comunidades isoladas, utilizando volumes de água compatíveis com o consumo convencional de uma residência e buscando uma recuperação energética significativa.

A partir dos resultados obtidos, é possível determinar a energia elétrica recuperada por ciclo de armazenamento, bem como estimar as contribuições diária e mensal da bomba funcionando associada à turbina *crossflow* para o sistema.

REFERÊNCIAS

- **ADHIKARI, R. C.; VAZ, J. R. P.; WOOD, D.** Cavitation inception in crossflow hydro turbines. *Energies*, Basel, v. 9, n. 4, p. 237, 2016. DOI: 10.3390/en9040237.
- **CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB).** *Potencial solar – SunData*. Rio de Janeiro: CEPEL, 2026. Disponível em: https://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata. Acesso em: 1 jan. 2026.

AGRADECIMENTOS E COLABORADORES

UFPA · UFPA CANAN Campus Universitário de Ananindeua · Engenharia de Energia Campus Universitário de Ananindeua · RETEC Renewable Energy Technology · PennState · University of Calgary · DCO · PPGEM Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica | UFPA

Gestão: prh anp 60/UFPA · anp · FAPESP