



## VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE BOMBAS FUNCIONANDO COMO TURBINA (BFT) NA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

### FEASIBILITY OF USING PUMPS AS TURBINES (PAT) FOR MICROGENERATION OF ELECTRICAL ENERGY IN IRRIGATION SYSTEMS

Thobias Ribeiro Pessoa<sup>1</sup>, David Gonçalves Sousa <sup>2</sup>, Alexandre Leite Ferreira <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário do Espírito Santo (UNESC). <sup>2</sup> Graduado em Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Espírito Santo – UNESC. <sup>3</sup>Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (1997). Atualmente é diretor administrativo - Central Geradora Hidrelétrica Rio Novo 1 Ltda., professor do Centro Universitário do Espírito Santo e gerente comercial da Empresa Luz e Força Santa Maria S/A. Tem experiência na área de Engenharia de Energia, com ênfase em Planejamento Energético, atuando principalmente nos seguintes temas: instalações elétricas, eficiência energética, energia solar, aproveitamento hidroenergéticos e micro e mini geração distribuída.

#### RESUMO

A Micro e Minigeração Distribuídas de Energia Elétrica têm sido inovações financeiras e socioambientais, que atendem as demandas de locais não abrangidos pela rede elétrica e permitem compartilhar o excedente com regiões vizinhas. Nesse sentido, vários estudos foram feitos com o intuito de melhorar os aspectos desse projeto, sendo um deles o uso de Bombas Funcionando como Turbina, uma vez que as bombas hidráulicas possuem melhor custo-benefício e entregam resultados semelhantes aos das turbinas. O presente estudo visou, portanto, a viabilidade de aplicação do projeto de BFT recebendo água de uma barragem, numa zona rural de Colatina (ES), além de retratar os valores do investimento feito e a projeção do tempo em que se começaria a ter um retorno do investimento.

#### ABSTRACT

*Distributed Micro and Mini-generation of Electric Energy have been financial and socio-environmental innovations that meet the demands of places not covered by the electric grid and allow sharing of the surplus with neighboring regions. In this sense, several studies were carried out with the aim of improving aspects of this project, one of them being the use of Pumps as Turbines – PAT's - because hydraulic pumps are more cost-effective and deliver results similar to those of turbines. The present study, therefore, aimed at the feasibility of applying the PAT's project of receiving water from a dam in a rural area of Colatina-ES, in addition to portraying the values of the investment made and the projection of the time in which it would begin to have a return on the investment.*

**Keywords:** *hydraulic pumps, micro hydro systems, electric energy.*



## 1 INTRODUÇÃO

O consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e, inclusive, fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se do micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que aliam economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade (ANEEL RN nº 482/2012).

Com o objetivo de atender a lei 14.300/2021, conhecida como marco legal da geração distribuída, reduzir os custos e tempo para a conexão da microgeração e minigeração, compatibilizar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) com as condições gerais de fornecimento de energia (Resolução Normativa nº 1.000/2021), aumentar o público-alvo e melhorar as informações na fatura, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 1.059/2023, revogando a antiga Resolução Normativa nº 482/2012.

É permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída, a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (kW), e Minigeração distribuída, aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (ANEEL RN nº 482/2012).

Segundo Ferreira (2021), mesmo apresentando inúmeras vantagens na perspectiva ambiental, a viabilidade econômica é indispensável, a fim de que os sistemas que aproveitam a energia distribuída possam ser alternativas largamente aplicadas e sustentáveis. Em razão disso, o sistema de compensação de energia, criado pela Resolução Normativa 482/2012 (ANEEL, 2012), tornou-se o maior impulsionador do crescimento da microgeração no país.

Segundo Macintyre (1983), a escolha do local para a instalação de uma micro usina seria num ponto alto da encosta, onde uma pequena obra de represamento para tomada d'água de uma tubulação desceria tão diretamente quanto possível à usina localizada no nível mais baixo que se pudesse conseguir.

Devido ao enorme mercado de bombas de uma vasta faixa de potência, elas se apresentam como uma alternativa facilmente encontrada, barata e confiável, principalmente, em se tratando de manutenção, apresentando muitas vantagens quando comparadas às turbinas, que são fabricadas sob encomenda (Alves, 2010).

Ainda segundo Alves (2010), a bomba hidráulica funcionando como turbina é economicamente viável para aplicações em sistemas de pequeno porte, limitados a um patamar em torno de 150 kW de potência. Trata-se de uma tecnologia já utilizada em alguns lugares do mundo e que apresenta características que justificam essa utilização.

A vantagem da utilização desse método para microgeração de energia elétrica é aproveitar o potencial hidráulico local e utilizar bomba funcionando como turbina (BFT) para geração de energia elétrica. Os potenciais hidráulicos vão desde a vazão sanitária de barragens às caixas secas utilizadas em sistemas de irrigação.

Para que a bomba funcione como turbina, o sentido do escoamento de água se inverterá e haverá uma inversão no sentido de rotação, conforme figura 1.

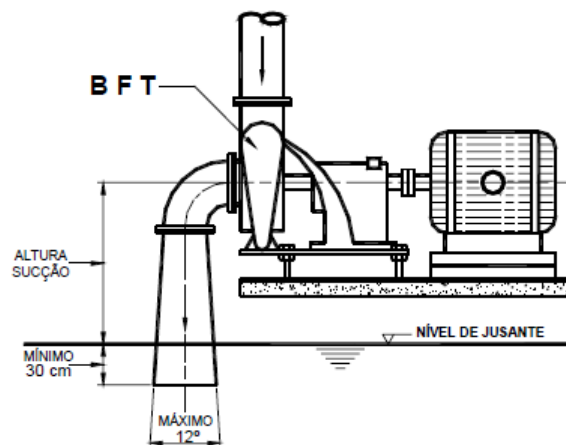


Figura 1: Bomba funcionando como turbina  
Fonte: Souza *et al.* (1983)

As máquinas motrizes transformam energia hidráulica em trabalho mecânico, aproveitando o desnível entre dois níveis de água, que, por meio do eixo do rotor da turbina aciona o rotor de um gerador (Santos, 2007).

Segundo Beluco (1994), um método proposto para fornecimento de curvas de desempenho de bombas utilizadas como turbinas, elaboradas pelos fabricantes, estas curvas seriam disponíveis para todos os modelos de bombas e compostas em uma carta de seleção.

As bombas centrífugas apresentam bom desempenho e exigem poucas modificações para sua adoção em funcionamento reverso, além de baixo custo em relação às turbinas hidráulicas tradicionais empregadas Beluco (1994).

Ainda Segundo Beluco (1994), a figura 2 indica a disponibilidade no mercado de bombas centrífugas passíveis de funcionamento como turbinas, em que existe uma relação entre queda e vazão.

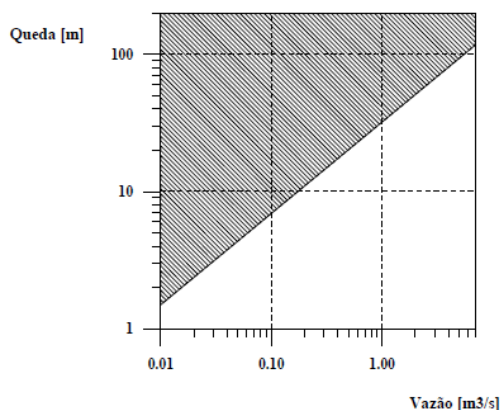


Figura 2: Região Preferencial para aplicação de bombas centrífugas utilizadas em modo reverso. Fonte: Beluco (1994)

Segundo Beluco (1994), a ideia de se utilizarem bombas como turbinas é, portanto, viável, oferecendo facilidades dificilmente encontradas para o aproveitamento da água como fonte de força motriz.

O objetivo deste artigo é avaliar a viabilidade da utilização de bombas funcionando como turbinas (BFT), na microgeração de energia elétrica em sistemas de irrigação de pequeno porte. A pesquisa busca analisar a eficiência, os custos financeiros desse método, visando contribuir para o aproveitamento de bombas e a otimização dos recursos hídricos na agricultura.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o ensaio, a bomba instalada em uma propriedade rural em Colatina (ES), sendo utilizada para operar como reverso, ou seja, bomba funcionando como turbina (BFB), que consiste em um motor de indução funcionando como gerador de energia elétrica. Para a obtenção dos dados foi utilizada uma Bomba da marca Schneider Bc-21 R 2 1/2 5 Cv Trifásica, como modelo, e foram coletados os dados de utilização da bomba funcionando como turbina para geração de energia elétrica.

A bomba funcionando como turbina (BFB) possui as seguintes características de instalação conforme tabela 1 abaixo.

Características	Valores
Vazão da bomba	14,00 m <sup>3</sup> /h
Rotação	1600 rpm
Potência	5cv
Tubulação	230 m
Altura manométrica	50m
Sucção (Saída)	75 mm
Recalque (Entrada)	75 mm

Tabela 1: Características da bomba  
Fonte: Autores (2023).

Para a obtenção da potência de 954,02 W, utilizando um rendimento de 50% de geração, utilizamos a seguinte equação:

$$P_{EL} = (g \times Q_T \times H_T \times \eta_T \times \eta_g \times \eta_{ac}) \text{ (eq. 1)}$$

em que:

	g (m/s <sup>2</sup> )	Q <sub>T</sub> (l/s <sup>2</sup> )	H <sub>T</sub> (mca)	η
<b>P<sub>EL</sub>(W)=</b>	9,81	3,89	50	0,50

Tabela 2: Obtenção da Potência  
Fonte: Autores (2023).

**P<sub>EL</sub>(W)**= Potência elétrica do gerador;

**g (m/s<sup>2</sup>)**= aceleração da gravidade;

**Q<sub>T</sub>(l/s<sup>2</sup>)**= vazão nominal;

**H<sub>T</sub>(mca)**= pressão útil;

**η<sub>t</sub>**= rendimento da BFT;

**η<sub>g</sub>**= rendimento do gerador;

**η<sub>ac</sub>**= rendimento do acoplamento;

Segundo Custódio *et al.* (2018), em estudos realizados com bomba funcionando como turbina (BFB), o resultado é apresentado pela curva rendimento do sistema versus velocidade, conforme gráfico 1.

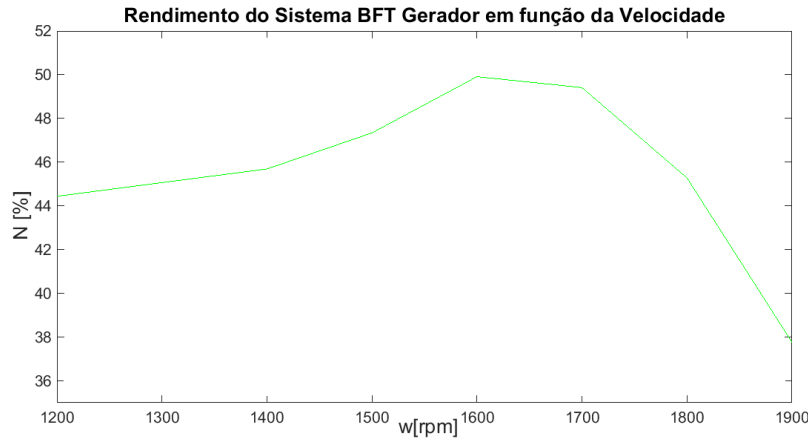


Gráfico 1: Rendimentos do Sistema BFT  
Fonte: Custódio *et al.* (2018)

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre a utilização do sistema BFT como gerador de energia elétrica, após a coleta e análise dos dados para a obtenção da potência de geração de energia elétrica, utilizamos um rendimento de 50% da bomba e a potência calculada de 954,02 W, verificando a viabilidade de utilização desse sistema na propriedade rural em Colatina (ES).

Para a análise da viabilidade do sistema, considerou-se que a Concessionária, Empresa de Luz e Força Santa Maria S.A., cobra o valor de R\$ 0,70 por kWh em instalações rurais.

O investimento necessário para a Instalação da Bomba encontra-se descrito na tabela 3.

Equipamento	Investimento (R\$)
Bomba Centrífuga Schneider Bc-21 R 2 1/2 5 Cv Trifásica	5.000,00
Motor de Indução Trifásico 1600 rpm	900,00
Inversor de Frequência Weg CFW500 Trifásico 5CV 220V 16A	3.500,00
<b>Total</b>	<b>9.400,00</b>

Tabela 3: Custo BFT  
Fonte: Autores (2023).

Tendo em vista que o valor gerado de 954,02 W seria igual ao consumido, segundo o valor da modalidade tarifária da Empresa de Luz e Força Santa Maria (ELFSM), deveriam ser pagos por mês R\$ 480,82 [(0,95402 kWh) x (0,70R\$/kWh) x (24 h) x (30d)].

Considerando que proprietário financiou o valor de R\$ 9.400,00 em uma instituição financeira com uma taxa de juros compostos de 3,5% ao mês, num prazo de 12 meses, pagaria um valor total de R\$ 14.204,05 com parcelas de R\$ 972,75.

Considerando-se o consumo de toda a energia produzida pelo sistema BFT, aplicado com base na tarifa de zona rural de 0,70 R\$/kWh, o valor final pago pelo financiamento gerará um retorno financeiro após 30 meses da instalação do sistema BFT.

#### 4 CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que a utilização do sistema BFT apresenta uma economia de energia na sua utilização e que os materiais são fáceis de se encontrar, tanto para a instalação, quanto para futuras manutenções.

Desse modo considerando que o local da instalação possui um curso d'água constante e abundante, será gerada energia durante 24 horas por dia garantindo-se segurança e qualidade na geração de energia elétrica.

Havendo, portanto, viabilidade econômica, o próximo passo do estudo deverá contemplar a viabilidade técnica da utilização de bombas funcionando como turbina (BFT) na microgeração de energia elétrica em sistemas de irrigação.

#### REFERÊNCIAS

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Resolução Normativa ANEEL, Brasília, DF, abr. 2012.

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 1.059, de 07 de janeiro de 2023**. Resolução Normativa ANEEL, Brasília, DF, jan. 2023.

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Geração distribuída**. Disponível em:< <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em: 22jun. 2022.

ALVES, Danilo Derick Silva. **Contribuições para o estudo e a aplicação de bombas funcionando como turbinas na geração descentralizada**. Dissertação de Mestrado Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BELUCO, A. **Viabilidade de microcentrais hidrelétricas baseadas no emprego de equipamentos de mercado**. 1994. 170 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

CUSTÓDIO, Letícia Moreira. Avelar, Laís. Valamiel, Vinicius. Cardoso, Rafael Balbino Rafael. Lopes, Emílio. Utilização de bomba funcionando como turbina operando à frequência variável como alternativa de geração de energia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.7, n.1, p. 106-119, 2018.

FERREIRA, A. L. **Impactos da microgeração fotovoltaica nas redes de distribuição de energia elétrica**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hídrica) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2021.

SANTOS, S.L. **Bombas & instalações hidráulicas**. São Paulo: LCTE Editora, 2007. 21p.

SOUZA, Z.; VIANA, A.N.C. **Bombas funcionando como turbinas**. Itajubá: Escola Federal de Engenharia, 1983. (Publicação interna do Laboratório Hidromecânico para Pequenas Centrais Hidrelétricas)

MACINTYRE, A.J. **Máquinas motrizes hidráulicas**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 654 p.