Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

ESTUDO DA VIABILIDADE ENERGÉTICA DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA EÓLICA DE 100 KW PARA ABASTECER UMA COMUNIDADE RURAL ISOLADA[1]

Felipe Alex Trennepohl[2], Leandro Becker Kehler[3].

[1] Estudo realizado para a matéria de pequenos aproveitamentos elétricos do mestrado em Engenharia Elétrica da UFSM
[2] Egresso do Curso de Engenharia Elétrica da UNIJUI
[3] Doutorando em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Santa Maria

Resumo
O presente trabalho apresenta um estudo sobre a viabilidade econômica e energética de instalação de um sistema híbrido alternativo de geração de energia elétrica utilizando o software HOMER. O modelo aplicado consiste na instalação de uma pequena usina eólica de 100 kW, com o intuito de atender uma comunidade rural isolada com aproximadamente 100 residências. Para suprir a energia dos consumidores no momento de falta de ventos foi adicionado na simulação do HOMER um banco de baterias e um gerador à diesel. Essa opção eleva a confiabilidade do fornecimento de energia. A melhor solução para o caso estudado é a utilização de forma conjunta de turbinas eólicas, geradores à óleo diesel, baterias e inversores, resultando num custo de investimento inicial é R$ 7.526.647,00 e o custo de operação por ano está em torno de R$ 370.914,00. Finalmente, os casos crítico, padrão e ideal são discutidos.
Palavras Chave: pequena usina eólica isolada; viabilidade energética; HOMER

I. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento econômico de comunidades rurais. No entanto, algumas comunidades estão situadas em lugares distantes dos centros de distribuição de energia elétrica. Ainda, as comunidades rurais, em sua maioria, demandam pouca energia elétrica o que, para comunidades distantes, inviabiliza a construção uma rede de energia para o seu abastecimento. Dentro deste contesto, a construção de uma pequena usina de energia pode ser viável.

Este trabalho avalia a viabilidade energética para a instalação de uma pequena usina eólica de 100 kW, com o intuito de atender uma comunidade rural isolada com aproximadamente 100 residências. Para realizar esta avaliação utilizou-se o software HOMER energy, o qual é um modelo computacional que tem como objetivo otimizar os sistemas híbridos de energia. O software aceita a inclusão de distintas fontes descentralizadas e busca a solução ótima, levando em consideração o menor custo capaz de suprir a demanda de energia. A simulação considera a demanda de energia e a capacidade das distintas fontes de energia. Assim, o software decide como operam os geradores e as cargas e descargas dos bancos de bateria, se existente. O cálculo dos custos engloba: valor de investimento, valor de reposição dos equipamentos, gastos de combustível e custos de operação e manutenção.

Após a simulação das possíveis configurações, o HOMER fornece uma lista de configurações classificadas de acordo com o custo de investimento inicial e também do custo específico de energia

de cada sistema. Para realizar a simulação é necessário incluir no software a curva de carga e as fontes de energia.

II. CURVA DE CARGA

Pequenas comunidades rurais, geralmente, não possuem cargas que demandam elevada potência. De uma maneira geral, suas cargas mais relevantes são: chuveiro elétrico, motores de pequeno porte, bombas d'água e resfriadores. Logo, o fornecimento de energia destas propriedades, normalmente, é monofásico.

Conforme o estudo realizado em [1], a curva de carga de uma comunidade rural pode ser representada conforme a Fig. 1. Esta curva se caracteriza por um consumo elevado nas primeiras horas do dia e o pico máximo acontece entre as 17:30h até as 19:30.

A curva de carga adicionada no HOMER para a simulação segue o perfil apresentado na Fig. 1. Entretanto, o HOMER adiciona algumas variações randômicas nesta curva. O usuário tem a opção de escolher qual a porcentagem que a carga pode variar, tanto de um dia para o outro quanto de um passo de simulação para o outro. Nesse caso, definiu-se uma variação de 10% para ambos os casos. A Fig. 2 apresenta a curva de demanda, de uma planta de 100 kW, gerada pelo HOMER para um dia aleatório.

Fig. 1. Curva de carga consumidor rural em PU. Fonte: [1] .

Fig. 2. Curva de carga, gerada pelo HOMER, para demanda de 100kW.

A. Recursos eólicos

Para este trabalho considerou-se que a localidade rural em estudo está situada na cidade de Santa Vitória do Palmar no estado do Rio Grande do Sul. De acordo com o CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica) a velocidade anual média dos ventos a uma altura de 50m do solo é de 6,07 m/s. Então, utilizou-se as velocidades médias trimestrais de vento fornecidas pelo CRESESB [2], para a simulação no HOMER. O gráfico referente a velocidade média do vento para cada mês do ano pode ser visualizado na Fig. 3.

O HOMER leva em consideração estas velocidades médias para a simulação do vento em cada mês do ano. Neste caso ele varia a velocidade instantânea dos ventos a cada passo de cálculo. Mas, a média delas respeita os dados de entrada apresentado na Fig. 3.

B. Turbina Eólica

A turbina escolhida para este estudo foi a XZERES 50, [3], esta turbina têm potência máxima de 51 kW para uma velocidade de vento de 11m/s. Além disso, a turbina inicia a produzir energia em velocidades acima de 4 m/s e por questões de segurança a partir dos 15 m/s a turbina para de gerar energia. A curva de potência desta turbina é fornecida pelo fabricante em [3] e foi adicionada no HOMER conforme a Fig. 4.

Esta turbina juntamente com seu retificador, no Brasil, custa R$ 1.397.845,00 conforme [4]. Este foi o valor atribuído como capital inicial da turbina. Além disso, o HOMER requer entrada de custos de substituição e mão-de-obra (MO). O valor da substituição foi considerado o mesmo que o capital inicial e o custo de MO foi considerado, para todos os componentes utilizados nesta simulação, 2% do capital inicial. A vida útil da turbina é de 20 abis, conforme estipula o fabricante em [3].

C. Inversor

A turbina eólica gera energia em corrente alternada (CA) com uma frequência variável e o retificador, já incluso no custo total da turbina, transforma a CA em corrente contínua (CC). Logo, faz-se necessário um inversor para transformar a CC em CA, porém com uma frequência fixa.

Desta forma, considerou-se um inversor de 100 kW, cujo, tem um rendimento de 98% e no Brasil custa R$ 94.952,00, conforme [5].

IV. ANÁLISE DE CASOS

Antes de realizar a simulação no HOMER alguns quesitos devem ser avaliados. A Fig. 5 apresenta a velocidade do vento em m/s, para um dia qualquer, emulada pelo HOMER. Nota-se que há grandes variações na velocidade do vento durante o dia, sendo que há alguns pontos críticos. Como mencionado anteriormente, a turbina gera energia em velocidades superiores a 4 m/s e inferiores a 15 m/s. Neste dia específico, haveria falta de energia por dois motivos. A primeira falta aconteceria de madrugada entre 1:30 e 3:00 horas, pois o vento está abaixo de 4 m/s. A segunda falta aconteceria entre as 15:30 e 16:00 onde o vento alcança quase 16 m/s e a turbina precisa ser desativada para evitar problemas mecânicos.

Conforme a curva de carga apresentada na Fig 2, essas faltas não acarretariam grandes problemas para a comunidade rural, uma vez que tem curta duração e aconteceram em horários com baixo consumo de energia. No entanto, a velocidade do vento varia de forma randômica, então essas faltas podem acontecer durante os horários de maior consumo de energia e podem ter maior tempo de

duração. Nestes casos, a comunidade rural ficaria sem energia e provavelmente algumas atividades não poderiam ser realizadas.

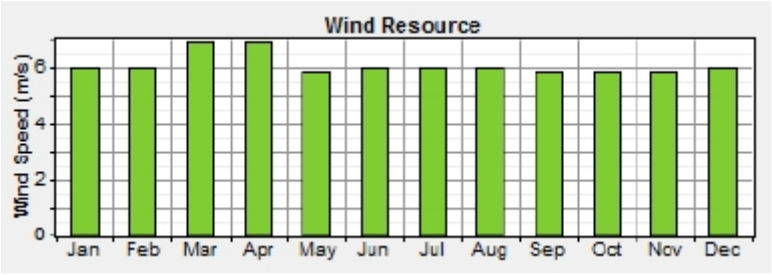

Fig. 3. Velocidade média do vento para cada mês do ano (entrada para simulação no HOMER)

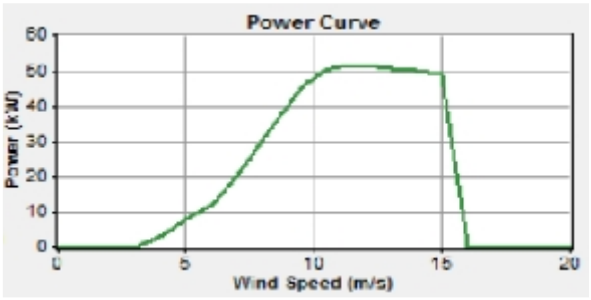

Fig. 4. Curva de potência da turbina XZERES 50 em relação a velocidade do vento

Fig. 5. Velocidade do vento emulada pelo HOMER para um dia aleatório.

Para evitar que os usuários fiquem sem energia elétrica, foi adicionado na simulação do HOMER um banco de baterias e um gerador à diesel. Essa opção aumentará a confiabilidade do fornecimento de energia. Com essas adições, o HOMER avalia qual a opção tem melhor custo benefício.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

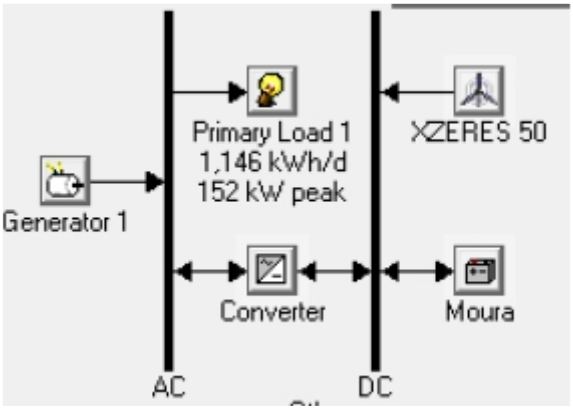

Fig. 6. Esquemático utilizado para a simulação..

	XZ50	Ger (kW)	Moura	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	Ger (hrs)	Batt. Lf. (yr)
	5	40	180	200	$ 7,526,647	370,914	$ 12,268,170	2.296	0.90	0.00	36,960	3,156	5.6
	8	100		200	$ 11,517,409	539,585	$ 18,415,118	3.451	0.91	0.01	65,637	3,640	

Fig. 7. Resultados de simulação..

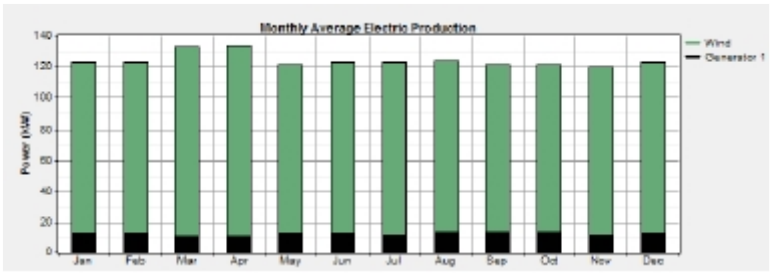

Fig. 8. Média mensal da produção de energia elétrica: turbina (verde), gerador à óleo diesel (preto)...

Há também uma solução que não utiliza banco de baterias, no entanto os custos são bem maiores que para a solução citada anteriormente. Além disso, não há possibilidade de armazenamento de energia, ou seja, se houver mais vento em um horário de baixo consumo essa energia será desperdiçada. E não será aproveitada no horário de pico, que é um horário crítico. Provavelmente, por este motivo que o custo de operação é quase o dobro do que da opção anterior.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

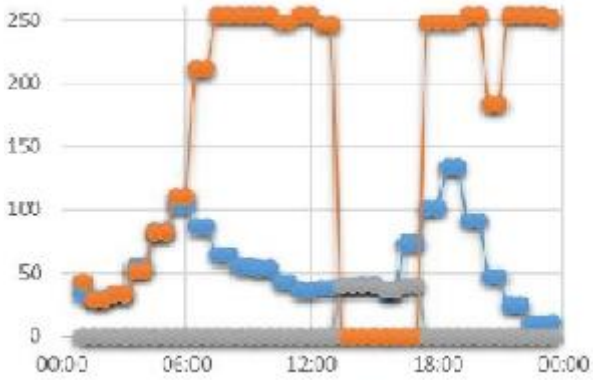

Fig. 9. Resultados de simulação para um dia aleatório: Demanda em kW (azul), Potência referente a geração eólica em kW (laranja), Potência referente ao gerador à diesel em kW (cinza).

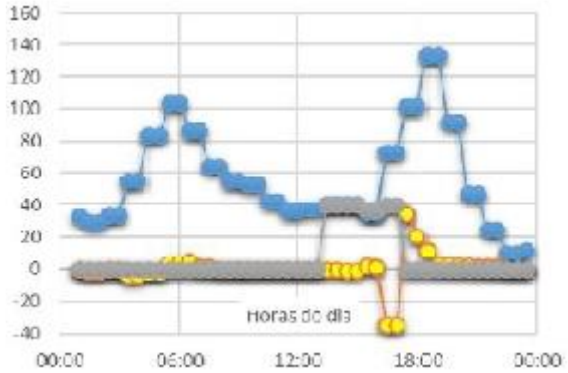

Fig. 10. Resultados de simulação para um dia aleatório: Demanda em kW (azul), Potência referente ao gerador à diesel em kW (cinza), Potência de entrada do banco de baterias (amarelo).

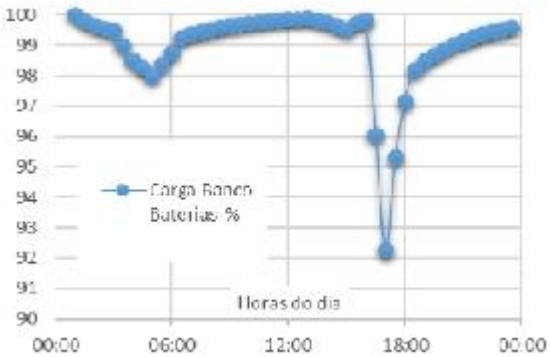

Fig. 11. Carga do banco de baterias em %..

A Fig. 11 apresenta a porcentagem de carga do banco de baterias. A vida útil de uma bateria depende do número de ciclos de carga e descarga. Desta forma, o HOMER faz um gerenciamento inteligente visando aumentar a vida útil do banco de baterias. Por exemplo, no início da manhã as

turbinas não geram energia suficiente para atender a demanda, como pode ser visto na Fig 9. Porém, a diferença entre a potência gerada pelas turbinas e potência demandada é baixa, desta forma o banco de bateria fornece a potência necessária para suprir a demanda. Isso faz com que o banco de bateria se descarregue conforme Fig. 10. Já no fim da tarde, quando as turbinas não estão gerando energia a diferença entre potência gerada e potência demandada é grande. Desta forma, é mais conveniente utilizar o gerador à diesel para evitar uma descarga considerável do banco de baterias. Mas no momento em que a demanda de potência ultrapassa a capacidade de produção dos geradores à diesel o banco de baterias fornece a energia faltante, conforme pode ser visto nas Figs 9, 10 e 11.

A implementação de turbinas eólicas apresenta dois pontos críticos. Um quando não há velocidade de vento suficiente para que as turbinas gerem energia e o outro quando a velocidade do vento é muito elevada, sendo assim, as turbinas têm que ser desativadas para evitar problemas mecânicos. Se a geração de energia for dada somente pelas turbinas eólicas, durante estes momentos haverá falta de energia elétrica podendo ser um problema para a comunidade.