

Eixo Temático ET-06-020 - Energia

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DE IMPLANTAÇÃO DE
AEROGERADOR DE PEQUENO PORTE DE ENERGIA ELÉTRICA
RENOVÁVEL NO ESTADO DE ALAGOAS**

Luiz André da Silva Lima¹, Valéria Loureiro da Silva²

¹Faculdade SENAI CIMATEC. E-mail: luiz.lima@al.senai.br; ²Faculdade SENAI CIMATEC. E-mail: valeria.dasilva@fieb.org.br.

RESUMO

O presente trabalho descreve a análise de um aerogerador existente e a partir desta, desenvolver um estudo de viabilidade técnica de um aerogerador de pequeno porte de energia elétrica, visando atender as comunidades carentes sem acesso à energia elétrica do estado de Alagoas, onde se levantou o gráfico de desempenho que apresenta o coeficiente de potência, gerado no eixo do aerogerador em uma bancada, cuja meta é o estudo de viabilidade técnica para aplicação. Os resultados dos experimentos realizados na caracterização (micro aerogerador de energia elétrica renovável de baixo custo e baixa rotação). Com uma potência inicial de 400Watts a 500Watts, velocidade nominal 650rpm, tensão de saída 24V pelo o alternador trifásico de corrente alterna (AC), sendo posteriormente retificado para corrente contínua (DC) que alimenta um controlador de carga das baterias, usado para ajudar a carregar um banco da bateria, onde os testes foram obtidos no laboratório do Centro de Formação Profissional Gustavo Paiva (CFP-GP) SENAI em bancadas. Que pode ser usada para fornecer energia uma casa em regime de offgrid.

Palavras-chave: Aerogerador; Fonte Alternativa; Fontes Renováveis de Energia e Energia Eólica.

**STUDY OF THE TECHNICAL FEASIBILITY OF IMPLEMENTATION OF
AIRCRAFT OF SMALL ENERGY RENEWABLE ENERGY IN THE STATE OF
ALAGOAS**

ABSTRACT

The present work describes the analysis of an existing wind turbine and from this, to develop a technical feasibility study of a small electric power wind turbine, aiming at attending the needy communities without access to the electric power of the state of Alagoas, where the Performance graph that presents the power coefficient generated on the axis of the aerogenerator in a bench, whose goal is the study of technical feasibility for application. The results of the experiments carried out in the characterization (micro aerogenerator of renewable electric energy of low cost and low rotation). With an initial power of 400Watts at 500Watts, nominal speed 650rpm, output voltage 24V by the three-phase alternating current alternator (AC), being later rectified to direct current (DC) that feeds a battery charge controller, used to help Load a bank of the battery, where the tests were obtained in the laboratory of the Professional Formation Center Gustavo Paiva (CFP-GP) SENAI in benches. That can be used to power an off-grid home.

Keywords: Wind turbine; Alternative Source; Renewable Sources of Energy and Wind Energy.

INTRODUÇÃO

Uma das primeiras estratégias empregadas pelo homem para utilizar a força dos ventos veio através dos barcos à vela. Com a utilização dos moinhos de grãos e aparatos de bombeamento de água, o objetivo era diminuir todos os esforços físicos. O primeiro moinho de vento foi movido pela força humana, os escravos e também alguns animais eram usados para girarem em círculos. Os moinhos em poste ou pilastra, os seus mancais, era parte do capitel (parte superior) que segurava as lâminas. Os trabalhadores tiveram que direcionar sua máquina de vento até a invenção da ventoinha. Após o ano de 1750, o sistema ficou automático direcionado e acionado pelo próprio vento (MARTINS et al., 2008).

A Figura 1 mostra moinhos em poste, ou pilastra, envolvidos dentro de um capitel, no qual os mancais eram partes do mesmo onde seguravam as lâminas. A ventoinha, um direcionador automático, direcionado e acionado pelo próprio vento. Os primeiros moinhos de vento foram de eixo vertical e depois de eixo horizontais (MATOS, 2009).



Figura 1 - Moinho de ventos.

Fonte:

<<http://br.freepik.com/index.php?goto=41&idd=613957&url=aHR0cDovL3d3dy5zeG MuaHUvcGhvdG8vOTk1NDM4>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

As principais fontes de energia (FE) renováveis no Brasil são Energia solar, energia hidráulica sendo a mais utilizada no Brasil, energia eólica, energia das ondas e marés, as não renováveis são aquelas que com o tempo poderão se esgotar, como energia do carvão, energia do petróleo, energia do gás natural energia do urânio (REIS et al., 2015).

Os aerogeradores de pequeno porte (APP) estão nas recentes transformações do setor de geração distribuída promovido pela Resolução nº 482, de 17 de abril de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica do Governo Federal (PROINFA), tem o objetivo de aumentar a participação de FE produzida por empreendimentos concebidos com base na

energia eólica (EE), biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) (SALINO, 2011).

O intuito do PROINFA é promover a diversificação da Matriz Energética Brasileira, como fonte alternativa de aumento com segurança do abastecimento de energia elétrica, valorizando potencialidades regionais e locais do território nacional (NEOENERGIA, 2009).

No Brasil, algumas normas da IEC sobre EE foram traduzidas e denominadas NBR IEC 61400-1, NBR IEC 61400-12-1. A IEC 61400-2 referem-se a aerogeradores de pequeno porte. O mercado de aerogeradores de grande porte tem se tornado significativo, principalmente em função dos leilões de energia de reserva e de FE renováveis. Todavia a comercialização no mercado de APP no país não tem muita procura no mercado brasileiro, é praticamente inexistente, uma vez que a geração de energia elétrica no Brasil é predominantemente, predominantemente centralizada (VIEIRA, 2013).

Tabela 1 - Fabricantes de Aerogeradores de Pequeno Porte.

FABRICANTE / AEROGERADOR	MODELO DO	TENSÃO DE SAÍDA	DE	POTÊNCIA (W)	RPM / M/S	OUTRAS CARACTERÍSTICA	VALOR AEROGERADOR	DO
ENERSUD LTDA / NOTUS 138		12/24/48 Trifásico	Sistema	250 - 350	1100 / (3 -12m/s)	NUMEROS DE PÁS 5 ,TIPO DE PÁS TORCIDA, ALTERNADOR- FLUXO AXIAL	RS 3.500,00	
ELETROVENTO / TURBO 500		12V / Trifásico	Sistema	400 - 500	600 -1000 / (3 -12m/s)	NUMEROS DE PÁS 3,	RS 2.867,39	
ISTA BREEZE / 500 24V		24V		400 - 500	650 -3000 a 12,m/s	NUMEROS DE PÁS 3,	RS 1.650,00	

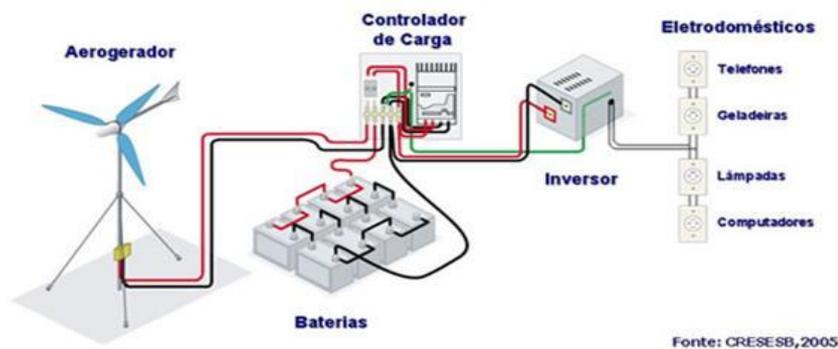
A taxa de rotação mínima do aerogerador está associada aos valores de velocidade de ventos mais baixo que podem ser aproveitados (PICOLO, 2014). Por outro lado, baixa rotação também limita a potência gerada. Ainda de acordo com tabela 1, pode se observar que os aerogeradores de menor rotação que estão limitados a 650 RPM e que possuem um custo ainda muito alto, limitando consideravelmente sua aplicação.

Partindo dessa indagação concebeu-se a pergunta problema, o que fazer? Surgiu assim, o analisar de um aerogerador existente e a partir desta análise, desenvolver um estudo de viabilidade técnica de um a aerogerador de pequeno porte de energia elétrica, visando atender as comunidades carentes sem acesso à energia elétrica do estado de Alagoas, fazendo o levantamento do seu gráfico de desempenho, em uma bancada, cujo objetivo é o estudo de viabilidade técnica para aplicação de um aerogerador de energia elétrica renovável de baixo custo e baixa rotação, ajudando as comunidades sem acesso a esse serviço, pois estas áreas são consideradas de baixo consumo e que não justifica investimentos em infraestrutura pelas empresas responsáveis. Muitas comunidades estão localizadas em regiões de elevado potencial de EE (litoral e planaltos), considerando que em algumas regiões a velocidade do vento é abaixo de 4 m/s, (FERREIRA JUNIOR, RODRIGUES,2015).

Como hipótese de pesquisa baseada nas literaturas, pressupõe-se que após o estudo de viabilidade técnica do aerogerador de energia elétrica renovável de baixo custo e baixa rotação, ajudaria a carregar um banco de baterias que pode ser usado para

fornecer energia a uma casa em regime de offgrid (um sistema que não é conectado à rede da concessionária).

Na figura 2 - O sistema isolado há um controlador de carga que monitora a carga gerada pelo aerogerador e armazena nas baterias, onde sua principal função é bloquear a corrente reversa e prevenir a sobrecarga das baterias, prevenir o excesso de descarga e sinalizar o estado da bateria e fluxo de carga através de mostrador (MATOS, 2009). O aerogerador gera corrente alternada e seu sistema é alimentado em corrente contínua (CC/DC) e para isso é necessário à utilização de um inversor, onde converte a baixa energia DC armazenada nas baterias em CA padronizada para os equipamentos funcionais em 220/127V - 60Hz, corrente alternada (CA) (BRUM, THIAGO SANTOS, 2013).



Na figura 2 - Podemos ver a configuração de um sistema eólico isolado, na figura acima.

OBJETIVO

Analisar um aerogerador existente e a partir desta análise, desenvolver um estudo de viabilidade técnica de um APP de energia elétrica, visando atender as comunidades carentes sem acesso à energia elétrica do estado de Alagoas.

METODOLOGIA

Para avaliar a viabilidade técnica de se utilizar um aerogerador eólico de pequeno porte (AEPP), foi montada uma bancada de testes, conforme a figura 3.

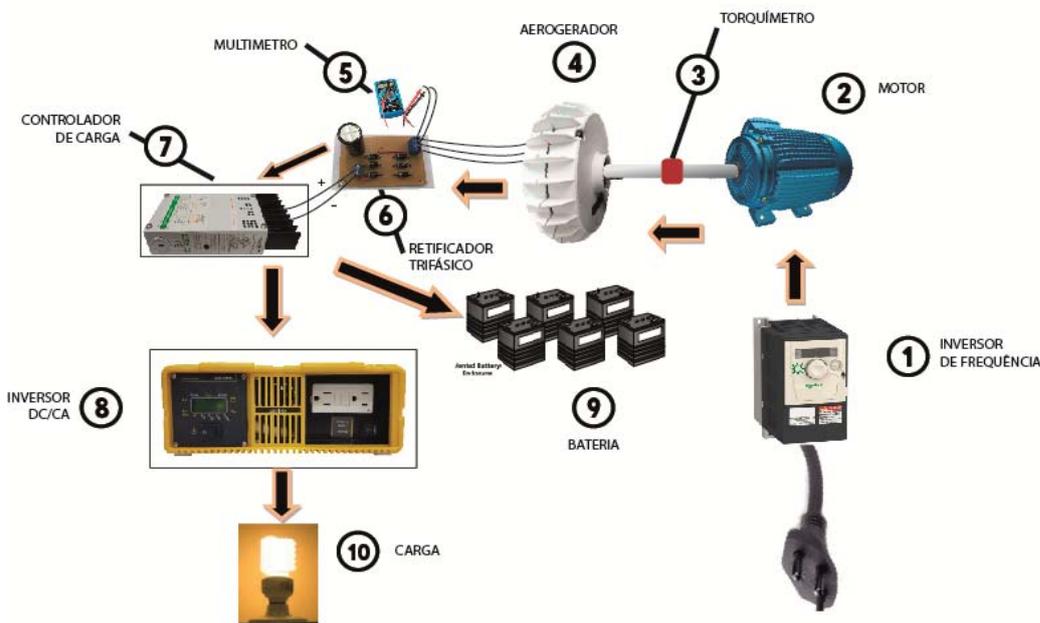


Na figura 3 - Podemos ver a configuração de uma bancada de testes para um aerogerador eólico de pequeno porte (AEPP), conforme a figura acima.

<http://www.auttombancadasdidaticas.com.br/igc/uploadAr/FileProcessingScripts/PHP/UploadedFiles/modulo-eolico-com-simulador_1-auttom-2.png>

Equipamento da Bancada de Teste

A bancada é composta por um inversor de frequência (1), motor elétrico (2), torquímetro (3), aerogerador (4), multímetro (5), retificador trifásico (6), controlador do carregador (7), inversor ou conversor de tensão DC/CA (8), duas baterias estacionárias de 45Ah/12Vcc ligada em série (9), carga (10). A figura 4 mostrar o esquema de funcionamento da bancada.



Na figura 4 – Esquema de funcionamento da bancada. Fonte: Autores.

Todos os testes foram realizados na bancada, para analisar os parâmetros do aerogerador de pequeno porte, os testes foram realizados no laboratório do Centro de Formação Profissional Gustavo Paiva (CFP-GP) SENAI, na Rua Pedro Américo, nº. 18, Poço, Maceió – Alagoas. Simulando as condições reais do vento, foi utilizado o inversor de frequência para controlar a velocidade do motor trifásico síncrono de 1CV e com 1800RPM, o motor foi acoplado diretamente a o eixo do aerogerador que será testado, conforme a figura 4, para simular a velocidade do vento, em intervalos constantes permite a simulação das condições trabalho, no eixo do aerogerador foi conectado um torquímetro para fazer a medição do torque no mesmo, ao mesmo tempo foi conectado instrumento de medição com o multímetro e alicate amperímetro para fazer as medição de tensão e corrente por cada fase, para coletar dados suficientes das características nominais do aerogerador, de várias situações, tais como:

- Tensões de saída do aerogerador em circuito aberto;
- Correntes de saída do aerogerador;

- Controle de velocidade de rotação;
- Medição em curto-circuito;
- Verificação de curva de potência segundo IEC 61400-12-1;

Procedimento de medição do instrumento

Para medir o circuito aberto foi colocado o multímetro nos terminais de saída do aerogerador, com análise foi mostrado que para cada RPM, os valores de tensão dos terminais de saída dos aerogeradores, aumentava e tinha perda mecânica. Conforme a figura 5.

Para medir em curto-circuito seus terminais de saída foi conectado entre si. Foi feita a medição de corrente e o torque para cada faixa de velocidade.

Para medir com carga foi colocadas lâmpadas, para realizar as medições de corrente, tensão de saída dos terminais do aerogerador e torque.

Aerogerador estudado

O aerogerador que foi utilizado é do fabricante iSTA-BREEZE modelo 500, de fabricação turca, eólico que inicialmente gera 400 à 500Watts e tensão de saída 24V, o peso: 2,5 kg, na cor branca, velocidade de partida de 2,5m/s, sua velocidade média mensal do vento a 5,4m/s (19,44 km/h): 150Kwh/mês, sua estrutura externa é feita de Resina de Poliéster Termoplástico Crastin® PBT, reforçada com 30% de fibra de vidro, as lâminas do rotor e o invólucro são altamente duráveis. O contato livre de manutenção, deslizante (sem carbono) garante um bom fluxo de corrente e, portanto, nenhuma torção do cabo no mastro. Instalação do tubo do mastro através do conector, exigido tubo do mastro dentro Ø 37 mm dimensão nominal, Outras características técnicas posteriores na descrição. Conforme a figura 5.



Figura 5 - Aerogerador.

Fonte:

https://www.istabreeze.com/online/index.php?route=product/product&path=59&product_id=60

Estudo do vento do estado de Alagoas

Estudo foi realizado, utilizaram-se dados do projeto “Atlas Eólico e disseminação da tecnologia eólica no Estado de Alagoas” (Costa, 2009).

A velocidade média do vento é a resultante utilizada à metodologia proposta por Teixeira (1978), através da decomposição vetorial das suas componentes zonal (CZ) e meridional (CM). (Para fazer o cálculo das componentes é necessário verificar para onde ele sopra direção real, como na meteorologia a direção (dd) medida é de onde o vento (ff) vem de onde ele sopra, direção meteorológicas). Conforme a formula 1 e 2.

$$CZ= u = -ff \text{ sen } dd \quad (1)$$

$$CM= v = -ff \text{ cos } dd \quad (2)$$

De acordo com o Costa (2012), os melhores locais de alagoas para ser escolhidos para o experimento foram: **Feliz Deserto** (10°18'46'' S; 36°18'06'' W; 50 m), **Roteiro** (09°48'13'' S; 35°54'25'' W; 60m), **Maragogi** (08°59'55'' S; 35°12'58'' W; 50 m), **Palmeira dos Índios** (09°31'27'' S; 36°30'20'' W; 649 m), **Água Branca** (09°25'10'' S; 37°52'04'' W; 718 m) e **Girau do Ponciano** (09°51'34'' S; 36°49'17'' W; 410 m).

Serão usados os dados coletados no período de 1 ano de dados coletados, foram verificados no local Sítios de Roteiro (Litoral), Girau do Ponciano (Agreste) e Água Branca (Sertão), por representarem as 3 regiões climatologicamente distintas do Estado(Costa, 2009).

Como foram analisadas as predominâncias do vento por estações do ano no sítio representativo ao Litoral (Roteiro). Observa-se que as predominâncias são distribuídas em todas as direções, com maiores percentuais de E (57,2% no verão e 49,0% na primavera) e SE (55,4% no inverno). A direção com menor predominância foi O (0,02% na primavera). Para o aproveitamento eólico, o ideal é que não existam grandes variabilidades na direção do vento, a fim de evitar desgastes devido o reposicionamento das turbinas.

[...] Os padrões de vento mais propícios para o aproveitamento eólico no estado de Alagoas são os da região do Agreste e do Sertão, embora os valores observados no litoral não sejam insatisfatórios. A ausência de mudanças acentuadas na direção do vento em todas as regiões é também um ponto positivo a se destacar, pois é um fator propício para a instalação de aerogeradores, sendo que esta baixa variabilidade ficou mais nítida no sertão, seguida do agreste e litoral. As estações situadas no interior do Estado tendem a apresentar maiores velocidades, devido o fato de estas se localizar em regiões mais elevadas, em relação às estações do litoral, e o vento predominante na região é da direção E, com exceção do sertão, onde a predominância é de SE, em cerca de 80% do tempo, podendo esta diferença estar ligada a padrões locais que influenciam a região, como canalização de ventos pelo vale do rio São Francisco. A regularidade dos padrões de velocidade do vento e a pouca variabilidade na direção e intensidade do vento tornam o Estado de Alagoas uma ótima opção para a instalação de aerogeradores. (COSTA et al., 2009, p. 149).

Determinação da energia convertida por um aerogerador

Para calcular é o intervalo de tempo durante o qual cada velocidade do vento ocorreu, é só multiplicar a função densidade de probabilidade de Weibull, pelo é o número de horas do período considerado (LOPES e ALMEIDA, 2003).

$$N(x) = f(V).t \quad (3)$$

Onde :

N(x) é o intervalo de tempo durante o qual cada velocidade do vento ocorreu;

f(V) é a função densidade de probabilidade de Weibull;

t é o número de horas do período considerado

Cada fabricante fornecer sua próprio curva de potência em função da velocidade do vento $P(V)$ para um aerogerador, também é possível determinar a curva da energia convertida por este aerogerador como uma função da velocidade do vento para um certo período. Conforme a formular 4 (VALE, 2000).

$$E(V) = f(V).t.P(V) \quad (4)$$

$E(V)$ é curva da energia convertida pelo aerogerador como uma função da velocidade do vento para certo período;

$f(V)$ é a função densidade de probabilidade de Weibull;

t é o número de horas do período considerado;

$P(V)$ é a curva de potência do aerogerador em análise;

A curva de potência poderá, ainda, ser determinada de forma experimental utilizando instrumento de medida com o wattímetro ou calculados através da formular 5, ou utilizando-se um multímetro na escala de tensão e também o alicate aperimento para medir a corrente, assim teremos a potência obtidos através de medições na saída de potência do gerador eólico.

$$P = V.i.\cos\phi \quad (5)$$

Onde:

P é a potência calculada (em watt);

V é a tensão medida (em volt);

i é a corrente medida (em ampère);

ϕ é o ângulo de fase entre a tensão e a corrente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aerogerador ISTA BREEZEI - 500-12 eólico que inicialmente gera 400 a 500 W e tensão de saída 24 V pelo o alternador trifásico de corrente alterna (CA) (normalmente senoidal), sendo posteriormente retificado para corrente contínua (DC) que alimenta um controlador de carga das baterias, usado para ajudar a carregar um banco da baterias que pode ser usado para fornecer energia a uma casa em regime de offgrid, velocidade nominal 500 rpm.

A figura 4 indica um retificador trifásico de onda completa não controlada. É assim chamado por que é usado em sistema trifásico de onda completa, pois aproveita todo o ciclo da onda, tanto positivo quanto negativo e não controlado, uma vez usa diodos os quais são dispositivos não controlados.

Veja abaixo o esquema de retificador trifásico de onda completa não controlada.

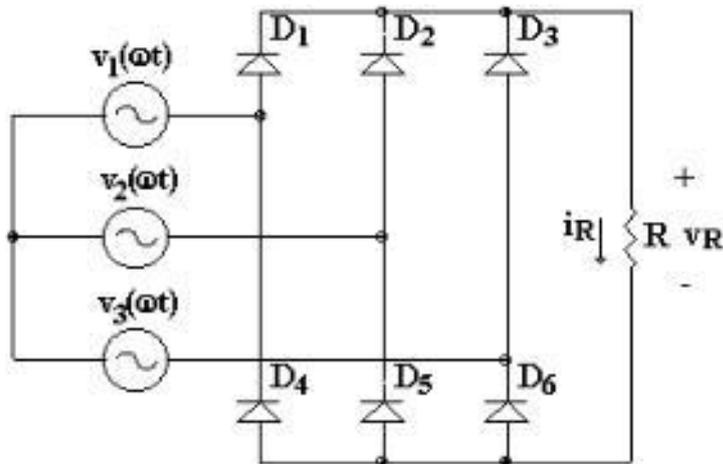


Figura 6 - Configuração de um sistema isolado. Fonte: (POMILIO, 2006).

Medição em circuito aberto

O aerogerador do modelo ISTA BREEZEI - 500, sua medição foi feita na saída do aerogerador, dada em tensão CA, foi medidos em cada duas fases, são constituída de três bobinas com defasagem angular de 120° , como ele tem três fase, medimos entre a fase A e B depois entre A e C e em seguida B e C, essa tensão foi medidas nos terminais de saída do aerogerador, e chamado de tensão de linha. O processo de medição foi descrito no item [3.2] para fazer a medição do circuito aberto.

Os dados do aerogerador foram coletados, inicialmente, através da simulação na bancada, conforme fig. 4 foi utilizando-se multímetro na escala de tensão, na saída dos terminais do aerogerador, e acoplado no seu eixo um tacômetro é um equipamento utilizado para medir rotação do motor, a curva também foi construída através da TENSÃO x RPM e calculada com os dados de tensão e RPM medidos durante a operação do aerogerador. Conforme figura 7.

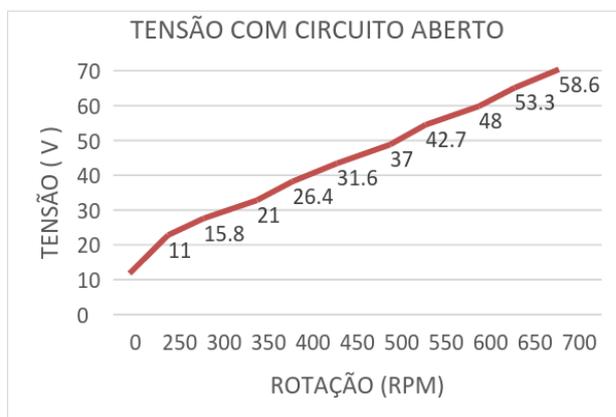


Figura 7 – Resultados de tensão com circuito aberto x rotação. Fonte: autores.

Os dados mostrar que, quanto maior for à rotação, maior vai ser minha tensão gerada. Conforme a figura 7.

Medição em curto-circuito

O processo de medição foi descrito no item [3.2] para fazer a medição do curto-circuito, temos de falar de reatância indutiva X_L é a oposição à corrente alternada devido à indutância do circuito, sua unidade é o ohm, ou capacitância do circuito elétrico. A Equação (1) demonstra a reatância (X_s) mostrar a tensão de fase a circuito aberto (E_{ca}), a corrente de curto-circuito (I_{cc}) e a resistência de armadura do gerador (R_a).

$$X_s = \sqrt{(E_{ca}/I_{cc})^2 - R_a^2} \quad (5)$$

Os dados do aerogerador foram coletados, inicialmente, através da simulação na bancada, conforme fig. 4 foi utilizando-se multímetro na escala e corrente, na saída dos terminais do aerogerador, e acoplado no seu eixo um tacômetro é um equipamento utilizado para medir rotação do motor, a curva também foi construída através da CORRENTE x RPM e medidos durante a operação do aerogerador. Conforme figura 8.

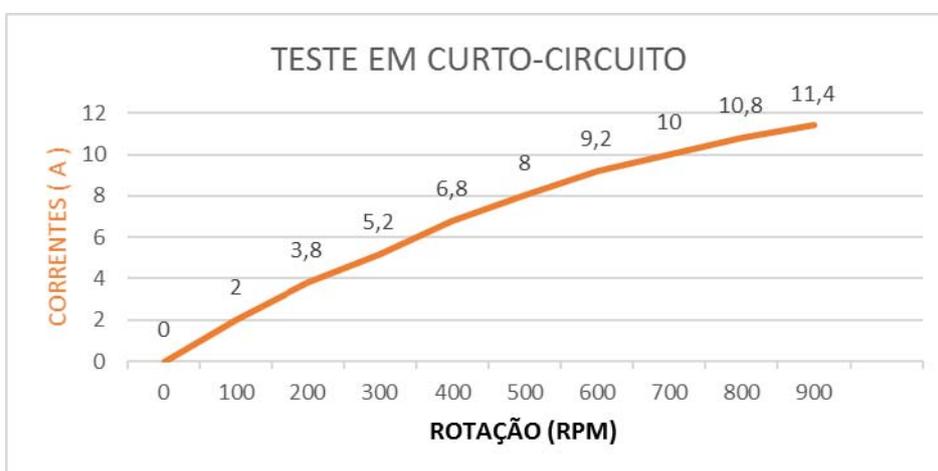


Figura 8 – Resultados de corrente em curto-circuito, corrente x rotação. Fonte: autores.

Os dados mostram que, quanto maior for a rotação, maior vai ser sua corrente gerada. Conforme a figura 8.

Verificação de curva de potência

Os dados do aerogerador foram coletados, inicialmente, através da simulação na bancada, conforme fig. 4 foi utilizando-se multímetro na escala de tensão, na saída dos terminais do aerogerador, e acoplado no seu eixo um tacômetro é um equipamento utilizado para medir rotação do motor, a curva também foi construída através da TENSÃO x RPM e calculada com os dados de tensão e RPM medidos durante a operação do aerogerador. Conforme figura 7.

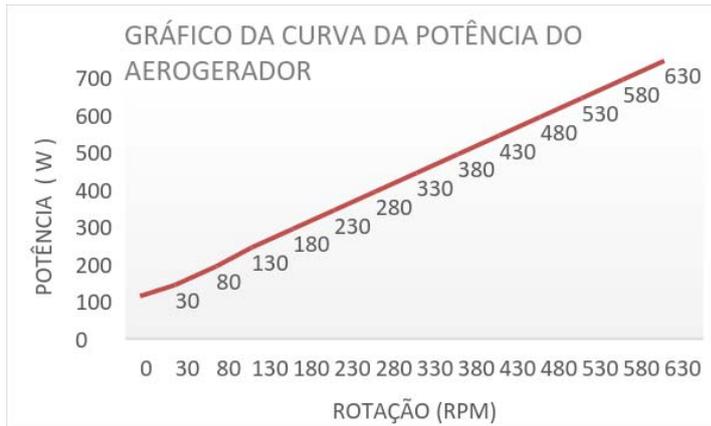


Figura 9 - Dados da curva da potência característica do aerogerador citado. Fonte: autores.

A figura 9 mostra uma curva de potência construída através da potência (W), calculada a partir da multiplicação dos dados de tensão x corrente obtidos em medições, e da velocidade do vento (RPM). Pode-se perceber, através do gráfico, que a curva gerada é muito semelhante a curva da tensão em função da velocidade do vento, visto que a tensão permanece praticamente constante.

A incerteza para os valores calculados foi determinada, e a sua influência sobre os resultados é bastante pequena (da ordem de mW).

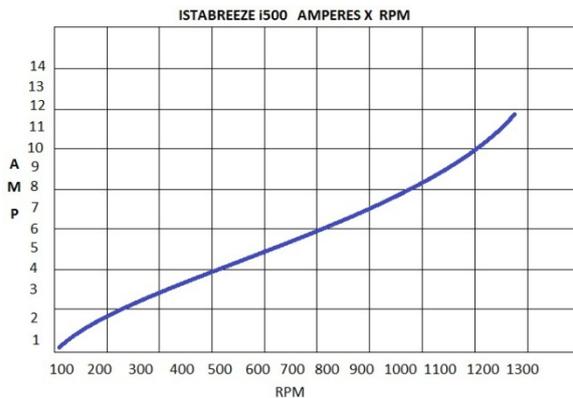


Figura 9 - Dados da curva da corrente do aerogerador. Fonte: Altinel Energy Turquia - Fabricante.

A figura 9 mostra as curvas que expressam: a corrente convertida segundo o fabricante (calculada através dos dados medidos). Através destas curvas pode-se observar que os valores de potência fornecidos pela curva do fabricante são bem próximos dos valores de potência verificados na prática para as mesmas velocidades do vento.

Espera-se que este trabalho resulte numa melhor compreensão dos limites técnicos e financeiros para APP tanto quanto possa subsidiar a concepção de e aerogeradores de baixo custo e baixa rotação e por fim, tornar mais viável a instalação dos mesmos em regiões com baixas velocidades de ventos.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos foram realizados em uma bancada, aonde seu resultado tiveram dados satisfatórios nos três testes apresentados, especificamente para um aerogerador de pequeno porte. Enfim, os testes coletados foram suficientes para confirmar o comportamento do aerogeradores em condições reais de uso. A bancada mostrar que é apropriada para estes tipos de teste, podendo ser utilizada para analisa a viabilidade técnica de implantação de aerogerador de pequeno porte de energia elétrica renovável.

REFERÊNCIAS

- BRUM, T. S. **Projeto de uso de energia fotovoltaica como fonte emergencial**. 2013. 64 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006178.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2016.
- COSTA, G. B. **Análise espacial e temporal do vento no Estado de Alagoas**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.
- COSTA, G. B. et al. Análise dos padrões de vento no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 1, p. 31-38, 2012.
- COSTA, G. B. **Spatial and temporal wind analysis in Alagoas state**. 2009. 149 f. Dissertação (Mestrado em Processos de Superfície Terrestre)-Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009.
- FERREIRA JUNIOR, J. C. G.; RODRIGUES, M. G. Um estudo sobre a energia eólica no Brasil. **Ciência Atual–Revista Científica Multidisciplinar das Faculdades São José**, v. 5, n. 1, 2015.
- LOPES, T. M. F.; ALMEIDA J. A. Análise de Dados da Velocidade do Vento e Potencial Eólico na Cidade do Rio Grande. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2., João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: UFCG, 2003. (Cd-rom)
- MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1304, 2008.
- NEOENERGIA. **Geração de Energia no Brasil**. 2009. Disponível em: <<http://www.neoenergia.com/section/geracao.asp>>. Acesso em: 11 nov. 2016.
- PESSOA JÚNIOR, O. Modelo causal dos primórdios da ciência do magnetismo. **Scientiae Studia**, v. 8, n. 2, p. 195-212, 2010.
- PICOLO, A. P.; RÜHLER, A. J.; RAMPINELLI, G. A. An approach to the wind energy as an alternative for teaching topics of classical physics. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, p. 1-13, 2014.

REIS, L. B. **Geração de energia elétrica**. Barueri: Manole, 2015.

SALINO, P. J. **Energia eólica no Brasil**: uma comparação do PROINFA e dos novos leilões. 2011. 113 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

VIEIRA, J. C. S. F. **Planejamento de cenários adotando a metodologia Shell no setor de energia elétrica**: visualizações da geração distribuída no Brasil. 2013.