

# REVISTA



**SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS**

**VOLUME 5 - N° 49 - Janeiro / 2010**

**ISSN - 1809-3957**

## **ARTIGOS PUBLICADOS**

---

PUBLICAÇÃO MENSAL

### **Nesta edição**

UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM PEQUENAS PROPRIEDADES - Gilberto Paschoal Buccieri, Teófilo Miguel de Souza .....2

AUMENTO DA EFICIÊNCIA NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO MECÂNICA DE GERADORES EÓLICOS DE PEQUENO PORTE - André Luis U. Homem de Melo, Teófilo Miguel de Souza .. 6

PROJETO DE UM RASTREADOR SOLAR ATIVO DE BAIXO CUSTO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS - Marcelo F. Barbosa, Teófilo Miguel de Souza .....9



Atendimento:

[contato@sodebras.com.br](mailto:contato@sodebras.com.br)

Acesso:

<http://www.sodebras.com.br>



Revista SODEBRAS – Volume 5 – nº 49 – janeiro / 2010

# UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM PEQUENAS PROPRIEDADES

ISSN 1809-3957

## Gilberto Paschoal Buccieri

Estudante de Mestrado,  
UNESP-Guaratinguetá, do curso de Engenharia Macânica  
disciplina FAE - Fontes Alternativas de Energia  
([gilberto.buccieri@yahoo.com](mailto:gilberto.buccieri@yahoo.com))

## Teófilo Miguel de Souza

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo obter estimativas para avaliar o bombeamento eólico d'água em pequenas propriedades nas cinco regiões brasileiras com a utilização de cataventos. Os dados de bombeamento de d'água (m<sup>3</sup>/hora) serão obtidos através do monitoramento de duas instalações efetuadas pelo fornecedor de Catavento Kenya Ltda. Os dados da velocidade média anual dos ventos extraídos das tabelas do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro Cresesb/Cepel, usados para avaliar o potencial de bombeamento d'água nas cinco regiões do Brasil. Para tal, estimou-se o consumo de água nas duas aplicações distintas e habituais de propriedades rurais, operacionalizadas com uso de cataventos de mercado para baixas velocidades. O período de análise será de doze meses e esperamos que os resultados apresentem eficiência tal qual estimativas do projeto, desta forma tal processo poderá ser adotada em diversas aplicações nas pequenas propriedades rurais de todo território brasileiro. Palavras-chave: energia eólica, bombeamento d'água, velocidade do vento, vento, energia alternative.

### Introdução:

A água não é só uma mera substância química formada por átomos de hidrogênio e oxigênio. Nela surgiu a primeira forma de vida do planeta há milhões de anos; dela o processo evolutivo caminhou até formar nossa espécie e continua a manter toda a diversidade que conhecemos.

"Terra, planeta água:" essa frase é tão famosa quanto verdadeira, se pensarmos que 3/4 da superfície do nosso planeta é coberto por água, sendo 97% salgada e apenas 3% doce. Contudo, do percentual total da água doce existente, a maior parte encontra-se sob a forma de gelo nas calotas polares e geleiras, parte é gasosa e parte é líquida - representada pelas fontes subterrâneas e superficiais. Já os rios e lagos, que são nossas principais formas de abastecimento, correspondem a apenas 0,01% desse percentual, aproximadamente.

Na Terra tudo é mantido graças à presença desse líquido vital: nossas cidades, nossas indústrias, nossas plantações e até mesmo o oxigênio que respiramos, cerca de 70% dele, vem das microscópicas algas habitantes dessa enorme massa formada por rios, lagos e oceanos.

O Brasil possui uma das maiores reservas hídricas do mundo, concentrando cerca de 15% da água doce superficial disponível no planeta. Mas o contraste na distribuição é enorme: A região Norte, com 7% da população, possui 68% da água do País, enquanto o Nordeste, com 29% da população, possui 3%, e o Sudeste, com 43% da população, conta com 6%. Além disso, problemas como o desmatamento das nascentes e a poluição dos rios agravam a situação. Em consequência, 45% da população não tem acesso aos serviços de água tratada e 96 milhões de pessoas vivem sem esgoto sanitário.

A agricultura é o setor que mais consome água no país, cerca de 59%. O uso doméstico e o setor comercial consomem 22% e o setor industrial fica por último com 19% do consumo. Em função da importância da água na implantação e no desenvolvimento das pequenas propriedades rurais e agroindustriais, deve levar em conta a necessidade urgente de uma utilização racional no uso dos recursos hídricos.

Uma alternativa de acesso à água em comunidades isoladas e não servidas de redes de abastecimento e distantes de rios e lagos é a utilização das águas subterrâneas. Contudo para a utilização da água subterrânea na agricultura, deve-se considerar para o bom aproveitamento deste recurso os seguintes fatores que estão, de certa forma, relacionados entre si: a proporção de sódio em relação ao cálcio e ao magnésio, a salinidade total da água, a permeabilidade do solo, a pluviometria da área e a tolerância das culturas à salinidade.

Outro fator limitante do desenvolvimento de pequenas propriedades rurais é a disponibilidade de energia elétrica, que quase sempre os inviabiliza. O aporte energético dessas áreas, portanto, deve ser considerado como prioritário, possibilitando a melhoria das condições de vida, aumentando a produtividade do trabalho e, conseqüentemente, fixando significativas parcelas da população em seus locais de origem.

Isto sugere a necessidade de um novo modelo energético que, por considerar as diversas fontes de energias alternativas, deve ser tomado como prioritário no estabelecimento do desenvolvimento rural sustentável, ao equacionar os objetivos ambientais com os de aumento da produtividade, mantendo certa

eficiência social, afim de evitar exclusão dos pequenos produtores rurais.

O aproveitamento da energia contida nos ventos pode auxiliar estas comunidades no processo de emancipação e auto-sustentabilidade. Usar cada vez mais este recurso natural para geração de energia elétrica ou mecânica, para o bombeamento de água, que é no mínimo, fator de bom senso devido as condições medias de vento que o Brasil dispõe. Contudo isto representa um desafio, não apenas do ponto de vista institucional, de descentralizar e ampliar a matriz energetica nacional, mas também do ponto de vista técnico-financeiro, por projetar e desenvolver equipamentos de geração de energia e bombeamento de água mais eficientes e a custos reduzidos.

Outro fator que merece atenção especial são os cataventos, que aproveitam a energia mecânica do vento no bombeamento de água e outros usos agrícolas e domésticos. Normalmente são máquinas de construção rústica, simples e merecem atenção de técnicos, pesquisadores e das agências do fomento a fim de que disponibilizem recursos para desenvolvimento dessas máquinas de maneira a torná-las mais eficientes.

Sendo a velocidade do vento uma variável aleatória, é importante salientar a ocorrência de variabilidade mensal, nos fatores médios estimados dentro de uma serie de anos. Esta inevitável variação que ocorre nos eventos meteorológicos justifica a utilização de análises mais criteriosas para estimativas de aplicações específicas.

A avaliação precisa do potencial de vento em uma região é o primeiro e fundamental passo para o aproveitamento do recurso eólico como fonte de energia. Para a avaliação do potencial eólico de uma região faz-se necessária a coleta de dados de vento com precisão e qualidade. Em geral, os dados de vento coletados para outros usos (aerportos, estações meteorológicas, agricultura) são pouco representativos da energia contida no vento e não podem ser utilizados para a determinação da energia gerada por uma turbina eólica - que é o objetivo principal do mapeamento eólico de uma região.

De acordo com as características de grande parte das regiões brasileiras, com alta disponibilidade de água e inúmeras pequenas propriedades rurais, busca-se neste trabalho, estimar o potencial eólico regional brasileiro e vazões possíveis de serem obtidas com uso de catavento do tipo multipás, de modo que os pequenos agricultores possam, com o auxílio desta fonte inesgotável e renovável, prover o abastecimento de suas instalações, de forma econômica e em equilíbrio com o ambiente.

### Material e métodos:

Os dados da velocidade media dos ventos e energia eólica media das regiões brasileiras usados para estimar-se os potenciais de bombeamento eólico d'água por região serão extraídos da figura 1. Vale ressaltar que que tais valores referem-se a uma altura de 50m acima da superfície para 5 condições

topográficas distintas, definidas como: zona costeira - áreas de praia, normalmente com larga faixa de areia, onde o vento incide predominantemente do sentido mar-terra; campo aberto - áreas planas de pastagens, plantações e /ou vegetação baixa sem muitas árvores altas; mata - áreas de vegetação nativa com arbustos e árvores altas mas de baixa densidade, tipo de terreno que causa mais obstruções ao fluxo de vento; morro - áreas de relevo levemente ondulado, relativamente complexo, com pouca vegetação ou pasto; montanha - áreas de relevo complexo com altas montanhas.

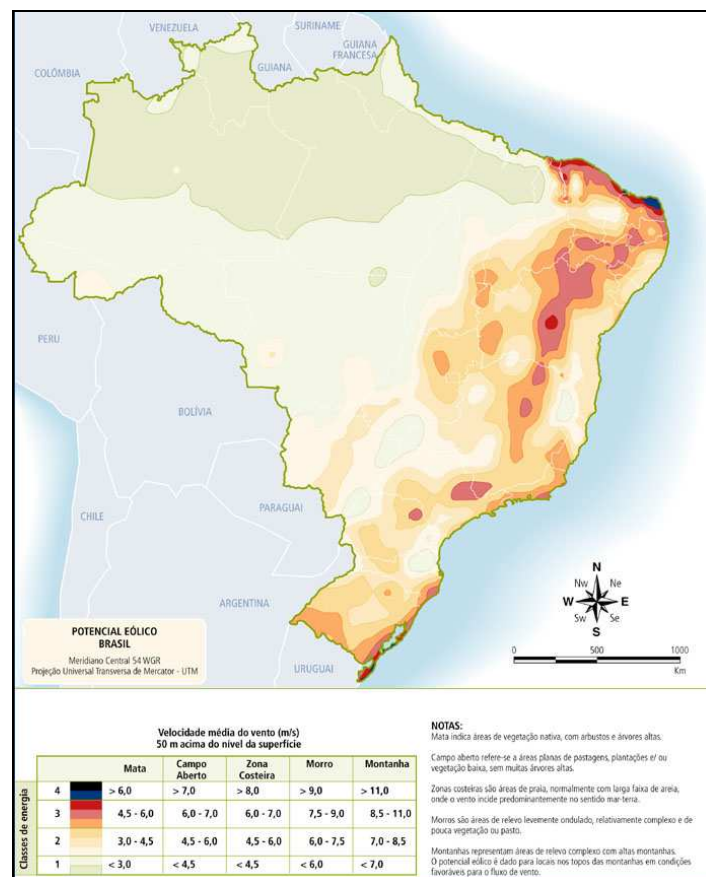


Figura 1: Panorama do Potencial Eólico no Brasil

Ainda na legenda, a classe 1 representa regiões de baixo potencial eólico. A classe 4 corresponde aos melhores locais para aproveitamento dos ventos no Brasil. As classes 2 e 3 podem ou não ser favoráveis, dependendo das condições topográficas. Por exemplo: um local de classe 3 na costa do Nordeste (zona costeira) pode apresentar velocidades médias anuais entre 6,5 e 8 m/s, enquanto que um local de classe 3 no interior do Maranhão (mata) apresentará apenas valores entre 4,5 e 6 m/s.

A tabela da figura 2 mostra a classificação das velocidades de vento e regiões topográficas utilizadas no mapa da Figura 1. Os valores correspondem à velocidade média anual do vento a 50 m de altura em m/s ( $V_m$ ) e à densidade de energia média em  $W/m^2$  ( $E_m$ ). Os valores de  $E_m$  foram obtidos para as seguintes condições padrão: altitude igual ao nível do mar, temperatura de 20°C e fator de Weibull de 2,5.

A mudança de altitude para 1.000 m acima do nível do mar acarreta uma diminuição de 9% na

densidade de energia média e a diminuição de temperatura para 15°C provoca um aumento de cerca de 2% na densidade de energia média.

Classe	Mata		Campo aberto		Zona costeira		Morros		Montanhas	
	$V_m$ (m/s)	$E_m$ (W/m <sup>2</sup> )	$V_m$ (m/s)	$E_m$ (W/m <sup>2</sup> )	$V_m$ (m/s)	$E_m$ (W/m <sup>2</sup> )	$V_m$ (m/s)	$E_m$ (W/m <sup>2</sup> )	$V_m$ (m/s)	$E_m$ (W/m <sup>2</sup> )
4	> 6	> 200	> 7	> 300	> 8	> 480	> 9	> 700	> 11	> 1250
3	4,5 - 6	80 - 200	6 - 7	200 - 380	6,5 - 8	250 - 480	7,5 - 9	380 - 700	8,5 - 11	650 - 1250
2	3 - 4,5	25 - 80	4,5 - 6	80 - 200	5 - 6,5	100 - 250	6 - 7,5	200 - 380	7 - 8,5	300 - 650
1	< 3	< 25	< 4,5	< 80	< 5	< 100	< 6	< 200	< 7	< 300

Figura 2: Panorama do Potencial Eólico no Brasil

Outro estudo importante, em âmbito nacional, foi publicado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica - CRESESB/CEPEL. Trata-se do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro figura 3, cujos resultados estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico: [www.cresesb.cepel.br/atlas\\_eolico\\_brasil/atlas-web.htm](http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico_brasil/atlas-web.htm). Nesse estudo estimou-se um potencial eólico brasileiro médio da ordem de 143 GW para velocidades de 7 m/s. Existem também outros estudos específicos por unidades da Federação, desenvolvidos por iniciativas locais.

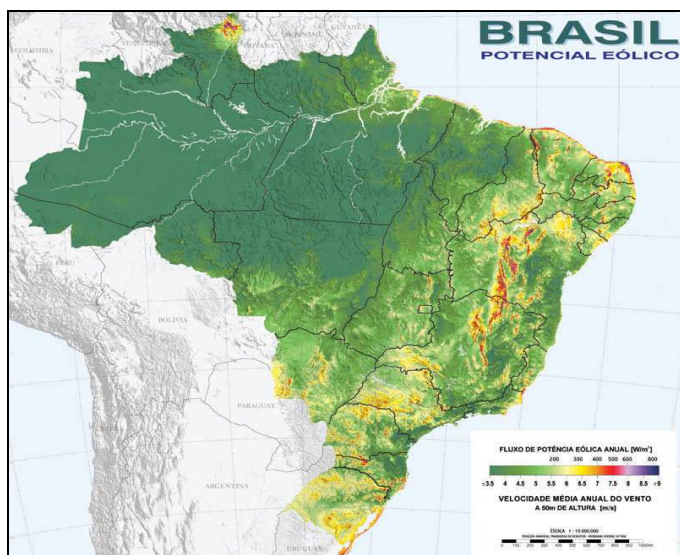


Figura 3: Atlas do potencial Eólico Brasileiro

Os dados de bombeamento serão obtidos a partir de duas aplicações distintas em pequenas propriedades rurais, utilizando cataventos do tipo multipás (18 pás) de alto torque para baixas velocidades do fabricante de cataventos Kenya que foram instalados no mês de outubro de 2009 no sul de Minas gerais.

A primeira aplicação consiste na instalação de um catavento em uma torre metálica de dezoito metros de altura e acionava uma bomba para recalque de água de uma vertente agregada a um reservatório (inferior) com capacidade de 30.000 litros a um reservatório (superior) a uma distância de cinquenta metros. O desnível entre os reservatórios é de quinze metros e o consumo diário entre dez e quinze mil litros de água. Vale ressaltar que não haviam obstáculos no caminho ou árvores próximas ao local.

O catavento utilizado tinha como características dezoito pás, diâmetro de três metros, freio automático e manual, cauda e regulagem de

curso, bomba de três polegadas, produção entre mil e mil e quinhentos litros de água por hora a uma velocidade mínima entre 1,67 a 2,22 m/s.

A segunda aplicação consiste na instalação de um catavento em uma torre metálica de doze metros de altura que aciona um cavalo mecânico / bomba para recalque de água de um poço artesiano de 135 metros de profundidade total e trinta metros de captação a um reservatório (caixa d'água) de dez mil litros com altura total de doze metros. O desnível entre o poço e o reservatório é de oito metros e meio e o consumo diário entre sete e dez mil litros de água. Vale ressaltar que não haviam obstáculos no caminho ou árvores próximas ao local.

O catavento utilizado tinha como características dezoito pás, diâmetro de três metros, freio automático e manual, cauda e regulagem de curso, cavalo mecânico / bomba de três polegadas, produção entre mil e mil e quinhentos litros de água por hora a uma velocidade mínima entre 1,67 a 2,22 m/s.

## Resultados e discussão:

A avaliação de desempenho será avaliada de acordo com monitoramento e análise dos dados de velocidade médias do vento e volume diário de água bombeado através da instalação de hidrômetro na tubulação de recalque. Também será adotada analogia com o trabalho de BURGEMO, L.E.T. e BATISTA DA SILVA, J. O uso da energia eólica no bombeamento d'água em Pelotas, RS., bem como dados extraídos do Atlas do potencial eólico Brasileiro por região e um fator de capacidade de 0,20.

## Conclusões:

De acordo com as premissas de velocidade média dos ventos por regiões brasileiras em que há grande disponibilidade de ventos que variam de 3,5 a 6 m/s, estimativa de bombeamento de água para tais velocidades apresentada pelos cataventos instalados que variam de 1 a 1,5 m<sup>3</sup>/hora, ajustado ao fator de capacidade e necessidade das pequenas propriedades rurais, há grande expectativa de obtenção de resultados promissores.

Estimamos que os custos para aquisição de cataventos e demais instalações deste projeto seriam ressarcidos entre três e cinco anos dependendo do consumo e valores de água de cada região, contudo esta informação somente será ajustada após a conclusão do projeto.

## Referências Bibliográficas:

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro Cresesb/Cepel. Disponível em <[http://www.cresesb.cepel.br/atlas\\_eolico\\_brasil/atlas-web.htm](http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico_brasil/atlas-web.htm)> acesso em 01/10/2009;

CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica. Tutorial de Energia Eólica – Princípios e Tecnologias.

Disponível em: <<http://www.eolica.com.br>>, acesso em 10/10/2009;

BAPTISTA DA SILVA, J.,LARROZA,E.G. Probabilidades de ocorrência de diferentes velocidades dos ventos em Pelotas, RS. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.7,n. 1,p. 91-99;

Cataventos Kenya Ltda – contatos efetuados com a area técnica da empresa;

BURGENO, L.E.T. e BATISTA DA SILVA, J. O uso da energia eólica no bombeamento d'água em Pelotas, RS;

#### **Direitos autorais**

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.



**José Farias dos Santos Júnior**

Aluno do curso de Doutorado da FEG/UNESP

[farias@directnet.com.br](mailto:farias@directnet.com.br)

**Teófilo Miguel de Souza**

**Resumo** - Este trabalho tem como objetivo sugerir possíveis melhoramentos para o sistema de transmissão mecânica de geradores eólicos de pequeno porte, a fim de aumentar a eficiência daquele tipo de equipamento e diminuir os custos de produção, de comercialização e de aquisição do equipamento pelos clientes. Com isso haverá um forte incentivo ao uso de mais esta alternativa de energia renovável, na obtenção de energia elétrica para uso doméstico.

Serão analisados os aspectos que possam ser melhorados ou modificados, tais como: ciclo de vida, níveis de ruídos, eficiência no envelope de utilização, viabilidade na diminuição do número de componentes utilizados e diminuição na frequência e nos gastos com a manutenção do sistema.

## **I – Introdução**

A utilização de energia, sem desperdício e com sabedoria, é uma nova variável a ser considerada no comportamento dos cidadãos deste milênio e os das gerações vindouras. Paralelamente, devem ocorrer investimentos, por partes dos dirigentes mundiais, para a obtenção de uma melhor eficiência energética. Além da utilização de outras matrizes energéticas.

As mudanças climáticas que atingem o planeta ao longo dos anos, fazem com que a sociedade mundial tenha que agir, fortemente, com a adoção de políticas de diminuição da emissão de gases geradores do efeito estufa [5], como o CO<sub>2</sub>.

Em resposta a esses efeitos do aquecimento global e procurando por uma nova matriz energética que possa suprir ou diminuir o uso de matrizes de combustíveis fósseis, o Brasil entre outros países, está implantando políticas que objetivam a diminuir a emissão de CO<sub>2</sub> e a dependência por aqueles combustíveis fósseis [4], na demanda por geração de energia elétrica, como parte do *Protocolo de Kyoto* e reversão dessas mudanças climáticas.

Este protocolo estimula a união dos países, com suas ações, a fazerem pesquisas, reformas e incentivo ao uso de formas renováveis de energia [6].

Como exemplos de tipos de energia renováveis, temos a hidráulica, a solar, a eólica e a biomassa.

Este presente trabalho, vai considerar somente a energia eólica. Pois, o referido sistema de transmissão mecânica é sistema contido e tem papel importante no projeto de um gerador eólico.

## **II - Energia Eólica**

Desde os tempos remotos, o Homem utiliza a energia proveniente dos ventos. Ela impulsionava a vela de embarcações mercantes, movimentavam moinhos para bombear água e moagem de grãos.

Os mais famosos eram os moinhos da Holanda, que foram considerados, os modelos mais eficientes e avançados, séculos atrás.

Com o progresso, eles se tornaram obsoletos e foram desativados.

Com o surgimento e aumento da oferta da energia elétrica, vários estudos foram realizados, visando ao aproveitamento da energia do vento, para a obtenção de energia elétrica. Mas, esses estudos e projetos esbarraram no baixo preço da eletricidade, obtidos de combustíveis fósseis. Tornou-se inviável prosseguir com este tipo de alternativa energética.

Dos anos 70 até aos dias de hoje, com a crise do petróleo e ao surgimento e aumento do efeito estufa, fez com que a alternativa eólica, para a obtenção de energia elétrica retomasse a sua importância, no contexto mundial.

No Brasil, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas – PROINFA tem sido o incentivador para o incremento do investimento em construção e utilização de geradores eólicos, para diversificação da matriz energética [4].

Atualmente, o uso de energia eólica no Brasil, não tem um nível de desenvolvimento adequado e a potência instalada é, ainda, modesta, em relação a outros países. Espera-se que para um breve futuro o interesse e a demanda por este tipo de energia aumentem muito e a tecnologia a ser utilizada nesses equipamentos seja concebida no Brasil e adaptada às condições ambientais e econômicas do nosso país.

## **III - Gerador Eólico**

Um gerador eólico para obtenção de energia elétrica pode ser dos seguintes tipos: eixo vertical e eixo horizontal. Não é foco deste documento tratar em detalhes sobre eles. Mas, estará sendo referenciado, neste tópico, o de eixo horizontal.

Resumidamente, este sistema possui hélices aerodinâmicas conectadas a um *hub* formam um rotor. E que o vento movimentada, ativando um eixo que está ligado à transmissão mecânica. Através deste sistema instalado, a velocidade do eixo de rotação aumenta. O eixo de rotação está conectado a um gerador de eletricidade, que com a rotação em alta velocidade gera a energia elétrica desejada.

#### **IV - Sistema de Transmissão Mecânica**

A transmissão utilizada, que também inclui uma caixa multiplicadora, tem a função de transmitir a energia mecânica obtida no eixo do rotor para o gerador.

É composta por inúmeros componentes, tais como: engrenagens, mancais, eixos, etc. E fica localizada entre o rotor e o gerador, para compatibilizar as velocidades do rotor e a do eixo dos geradores utilizados.

Existem sistemas que não utilizam este sistema. Mas, no caso em questão, é desejado que a transmissão mecânica componha o sistema eólico.

#### **V-Aumento de Eficiência do Sistema de Transmissão Mecânica**

##### *A. Aumento do Ciclo de Vida do Sistema*

Um dos fatores que pode levar a um aumento de eficiência geral do sistema em questão é a extensão do ciclo de vida, para o máximo possível. Objetividade no projeto, uso adequado e inspeções periódicas fazem com que o desgaste do sistema seja bem menor. E conseqüentemente, a manutenção e troca de componentes sejam realizadas com uma frequência bem pequena. Ou seja, o equipamento terá o número de horas de funcionamento aumentado em muito. Isto é muito importante, ainda mais quando se pretende popularizar o uso de um aerogerador, para a obtenção de energia elétrica.

##### *B. Nível de Ruídos*

É sabido que dentre os fatores negativos em um aerogerador que possui o sistema de transmissão mecânica, estão a vibração e o ruído provocados pelo atrito entre os componentes de que o sistema é constituído.

Para uma utilização em um equipamento menor, podemos conceber o uso de materiais fono-absorventes na carenagem do aerogerador aliado com a utilização de materiais que absorvam parte destas indesejadas vibrações, bem como, proceda à diminuição do ruído gerado pela operação do conjunto.

##### *C. Maior Eficiência na Envelope de Utilização*

Dentro do nicho ao qual, se pretende posicionar a

utilização desses aerogeradores com transmissão mais eficiente, e que é entre os micros ou mini sistemas, a utilização de pequenas e atualizadas transmissões mecânicas torna os equipamentos muito mais eficientes em relação ao que podemos achar em comercialização no mercado nacional, atualmente.

Com este melhoramento, teremos equipamentos mais robustos, mais compatíveis com a gama de pequenos geradores disponibilizados pelos diversos fornecedores existentes. E dentro de um custo acessível ao público alvo, tanto na aquisição quanto na manutenção do sistema. Este terá o conforto de ter energia elétrica “limpa” em relação ao meio ambiente e que atenda às suas necessidades domésticas básicas. Teremos então, um padrão de equipamento que possuirá disponibilidade e confiabilidade máximas.

##### *D. Diminuição do Número de Componentes*

É perfeitamente possível reduzir o número de componentes no conjunto de mecânico, utilizando e/ou combinando alguns tipos de transmissão já conhecidos neste e em outros ramos da mecânica. Assim, com menos peças móveis, estaremos obtendo economia, durabilidade e rapidez na montagem e manutenção, no sistema em questão.

##### *E. Utilização de Novos Tipos de Materiais*

Com o grande avanço na área de engenharia de materiais, atualmente, podemos lançar mão de uma enorme gama de novos tipos de materiais. Estes novos materiais podem baratear o custo final do aerogerador, para o seu público alvo, que é o cidadão comum.

A fibra de carbono ou *kevlar*, polímeros, fibras diversas e adesivos que, por exemplo, podem reduzir a massa do sistema, reduzir dimensões geométricas, facilitar e eliminar etapas de processos de fabricação, etc. Em substituição aos materiais metálicos de uso tradicional e de alto custo de aquisição e processamento.

##### *F. Diminuição dos custos de Manutenção*

Com a adoção de todos estes passos, contidos no presente artigo, teremos como uma das conseqüências diretas, grande economia nos custos de manutenção. Componentes mais adequados ao fator ambiental brasileiro e operacional significam, como já dito no item “A” deste artigo, no aumento do ciclo de vida do equipamento, além daquelas previstas em projeto. A adoção de componentes denominados “de prateleira”, também pode auxiliar na redução dos custos, no momento de revitalizar ou modernizar o sistema parcialmente ou em sua totalidade. E eliminando uma possível prática da improvisação inadequada. Com isso, também, as ferramentas a serem utilizadas para qualquer tarefa são as normalmente encontradas no comércio varejista, com custos coerentes com o propósito.



## VI – Conclusões

De acordo com o disposto neste artigo, temos como conclusões que, primeiro, é perfeitamente viável projetar, construir e comercializar um conjunto de transmissão mecânica com eficiência aumentada, em um sistema aerogerador de pequeno porte.

Outra conclusão a que podemos chegar é que esta pesquisa sugerida é uma excelente oportunidade de se exercer o empreendedorismo no estabelecimento de uma correlação adequada entre custo e benefício.

Também haverá um desenvolvimento expressivo nos processos tecnológicos envolvidos e nas competências dos profissionais que venham a se dedicar ao assunto.

Haverá uma boa parcela de colaboração para com os objetivos instituídos pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas – PROINFA.

Este projeto é exequível, desde que haja a formação de parcerias com instituições acadêmicas, pólos regionais de tecnologia com incubadoras e empresas da iniciativa privada. Como um dos próximos passos, será programada a construção de um modelo, que após aos ensaios de praxe, terá a sua validação solicitada.

Como exemplos de dificuldades que serão encontradas estão à captação de recursos financeiros, pois, haverá a necessidade de aporte de capital e a necessidade de fomentar junto aos cidadãos e empresários, para que os mesmos adquiram o sistema e viabilize a continuidade

da proposta com novas gerações do equipamento e seus subconjuntos, tal qual a transmissão mecânica, foco deste documento. E finalmente, que se agregará maior qualidade de vida aos cidadãos que, porventura, se tornem usuários de sistemas, tal qual o pretendido.

## VII – Bibliografia

- [1] DANISH WIND TURBINE MANUFACTURES ASSOCIATION - WIND POWER.
- [2] ENERSUD - [www.enersud.com.br](http://www.enersud.com.br), acessado em 12.01.2009.
- [3] SCREEN. PV 2000. MINISTER OF NATURAL RESOURCES CANADA. 2000. Disponível em Planilha Excel.
- [4] Jannuzzi, G. de M. “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis”. Autores Associados, Campinas, São Paulo, 1997.
- [5] II ASA 95: Global Energy Perspectives to 2050.
- [6] International Energy Outlook 2009, em [www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html), acessado em 14/06/2009.

## Direitos autorais

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.



**Marcelo F. Barbosa**

aluno especial de mestrado  
Engenharia Mecânica da FEG/UNESP  
Guaratinguetá/BRASIL  
marcelo-ceara@ig.com.br

**Teófilo Miguel de Souza**

*Resumo*--A geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos ainda hoje tem um custo relativamente alto, principalmente se comparado a outros meios de geração convencionais. A fim de diminuir o custo da mesma é apresentado neste artigo o projeto de um rastreador solar ativo de baixo custo, constituído de componentes eletrônicos de fácil obtenção e de pouca manutenção, possibilitando o controle do painel em dois eixos. O primeiro eixo se movimenta de forma automática, tendo a função de acompanhar o movimento diário do sol. O segundo eixo movimenta-se de forma manual, tendo como função o acompanhamento das estações do ano.

Através do acompanhamento do movimento relativo do sol, espera-se obter um aumento considerável no rendimento dos painéis, melhorando, portanto a relação custo-benefício do mesmo.

*Palavra chave*-- Painel fotovoltaico, Custo, Rastreador solar.

**NOMENCLATURA**

FEG – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá  
LDR – Resistor dependente de luz  
TRIMPOT – Potenciômetro miniatura ajustável

**INTRODUÇÃO**

Os últimos cinquenta anos, a partir do segundo pós-Guerra, o uso da energia solar no mundo tem crescido consideravelmente em suas principais modalidades de aproveitamento: térmica e fotovoltaica. Como resultado do desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica, têm sido proposto, durante os últimos anos, sistemas para aplicações rurais isoladas e sistemas para uso urbano, interligado a rede elétrica.

Apesar da significativa evolução da tecnologia fotovoltaica ao longo das últimas décadas, o custo da energia em (kWh) produzida por este sistema continua sendo elevado.

Valores 4 a 5 vezes o custo da energia convencional são freqüentes para instalações

fotovoltaicas.

Diversos meios que tendem a reduzir este custo têm sido experimentados. Essencialmente, utilizam-se dispositivos para acompanhamento do movimento do sol e concentradores de baixa relação de concentração, sendo no segundo caso indispensável o uso em conjunto com um rastreador solar.

Um módulo fotovoltaico gera energia elétrica a partir da componente de radiação solar que incide perpendicular ao seu plano, isto implica em uma maior geração de energia quando o módulo fotovoltaico está faceando diretamente o sol.

Atualmente existem diversos rastreadores solares disponíveis no mercado. Contudo, existem algumas dificuldades em sua aquisição que se tornam entraves para seu uso. Uma delas deve-se aos rastreadores comerciais existentes serem importados, o que elevaria o custo de um sistema de geração de energia fotovoltaica. Outra dificuldade fica por conta da manutenção destes rastreadores, que por utilizarem componentes que muitas vezes não são encontrados no mercado local, sendo necessário, portanto importá-los. Isto torna a manutenção do equipamento onerosa e, na maioria das vezes demorada [1].

Desta forma procura-se através deste projetar um rastreador solar de baixo custo e de boa confiabilidade, capaz de melhorar a relação custo-benefício, tornando a energia fotovoltaica acessível.

**DESENVOLVIMENTO**

Primeiramente foram feitos testes de campo a fim de verificar se realmente ao mudar a posição de inclinação do painel fotovoltaico, haveria ganho significativo ou não na geração de energia. Um teste simples foi feito no campus da FEG, que consistia basicamente na utilização de um pequeno painel fotovoltaico conforme Fig. 1.



Fig. 1. Pequeno painel fotovoltaico de 5w utilizado nos testes de campo.

Através da variação da posição deste painel, efetuou-se então medições de tensão de saída utilizando-se de um multímetro comum, ao mesmo tempo em que foi realizada a medição da radiação em  $w/m^2$ , utilizando-se de um medidor de energia solar como mostrado na Fig. 2.

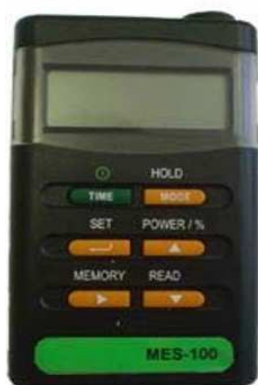


Fig. 2. Medidor de energia solar utilizado nos testes de campo.

E através deste experimento pode-se então ter uma clara idéia do quanto se pode obter de ganho em relação a painéis fixos. Tendo em mãos os resultados dos testes partiu-se então para a fase de desenvolvimento do projeto mecânico e eletroeletrônico do rastreador.

#### Visão geral do projeto

A fim de exemplificar o funcionamento do sistema como um todo tem-se abaixo a Fig. 3 que mostra tanto o funcionamento elétrico quanto o mecânico.

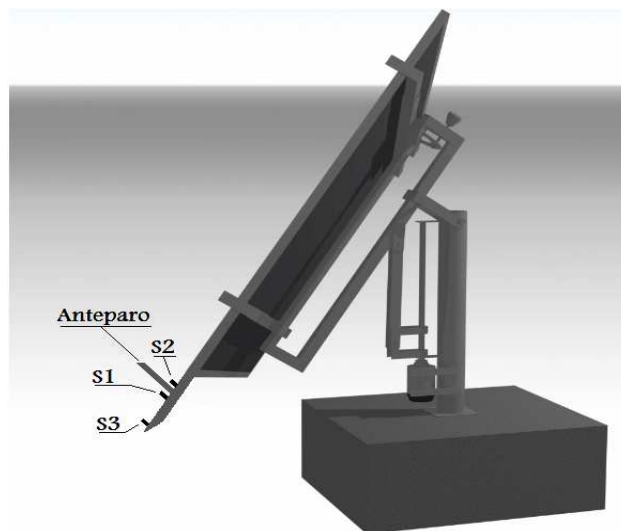


Fig. 3. Visão lateral do módulo, onde se observam os sensores além de seus acionamentos mecânicos.

O sol pode ocupar três posições em relação ao painel fotovoltaico:  $90^\circ$  (que indica que seus raios estão incidindo no módulo a um ângulo de  $90^\circ$ ), a oeste (indica que está mais para oeste do que deveria estar) e pode já ter se posto, ou ainda pode estar numa posição desconhecida (caso o dia esteja nublado). Os três circuitos dos sensores são similares, porém a calibração do sensor S3 difere da dos sensores S1 e S2, pois o objetivo do sensor S3 é apenas de detectar se é dia ou noite, enquanto que os sensores S1 e S2 são sensíveis a sombra do anteparo (sensor S1) e a condição de dia nublado (ambos os sensores).

No momento em que o sol nasce sua luz incide sobre os três sensores e quando ele começa seu movimento aparente, ocorrerá então sombra no sensor S1 devido ao anteparo e continuará a haver luz nos sensores S2 e S3 e, portanto, nesta condição o motor gira no sentido horário até que o sensor S1 volte a ter luz incidindo sobre ele. Isto se repetirá ao longo do dia sempre que estas condições forem atendidas.

Quando a noite cair e o sensor S3 identificar que já não há luz nenhuma o motor girará no sentido anti-horário, até a posição inicial e espera o sol do próximo dia.

Uma última condição seria um dia chuvoso ou nublado, onde os sensores S1 e S2 estariam sem luz incidindo sobre eles, e neste caso, o painel fotovoltaico ficaria parado, evitando assim que houvesse consumo de energia desnecessário [2].

#### Projeto elétrico e eletrônico

O sensor é composto de um circuito bastante simples, como mostrado na Fig. 4. Tendo um baixo custo e tamanho reduzido. Seus componentes podem ser encontrados no mercado local, e o que difere um sensor do outro é apenas a regulagem feita no trimpot [3].

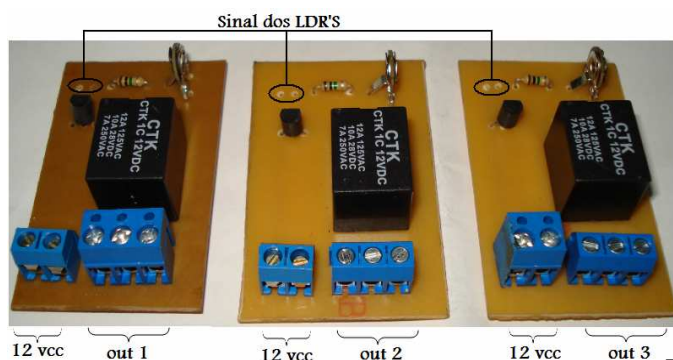


Fig. 4. Circuitos dos sensores 1, 2 e 3 com suas respectivas entradas e saídas.

O circuito responsável por interpretar os sinais enviados pelos sensores pode ser visto na Fig. 5.

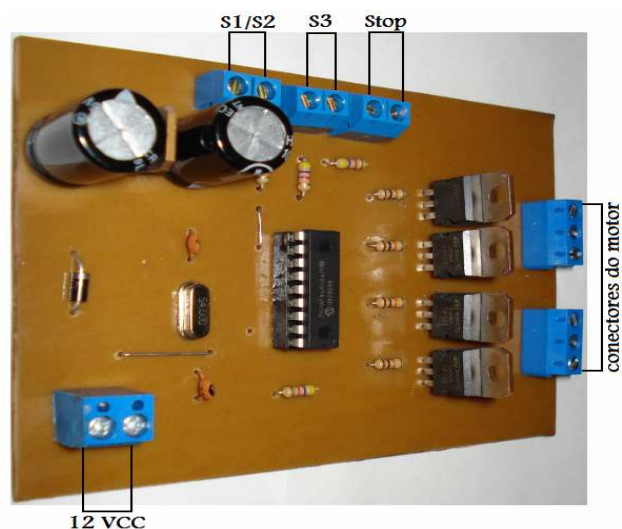


Fig. 5. Circuito responsável por acionar o motor de passo através de sua lógica de controle.

Trata-se também de um circuito bastante simples, composto de componentes de baixo custo e de fácil obtenção no mercado interno, e que tem sua alimentação provida pelo módulo fotovoltaico. Tem como cérebro um microcontrolador Pic 16F84A que através de sua lógica interna, controla o motor de modo eficiente, permitindo que o indivíduo possa através da alteração do programa, modificar a velocidade de giro do motor. O programa foi concebido em linguagem C e pode ser observado no anexo. 1.

Esta placa suporta motores com correntes de até 5A por fase, e oferece além das entradas dos sensores, uma outra entrada para bloqueio do motor. Este bloqueio irá ocorrer sempre que o painel fotovoltaico passar do limite pré-estabelecido, a fim de evitar que ocorra a queima do motor por esforço desnecessário [4].

Para movimentação do módulo optou-se pelo motor de passo mostrado na Fig. 6. A escolha do modelo SM18-B2SB-SE se deu devido ao mesmo ter como vantagens: tamanho e custo reduzidos, total adaptação a lógica digital (possibilitando desta maneira um controle preciso de velocidade, direção e distância), pouco desgaste (acarretando em economia em manutenção) e não necessita de realimentação [5].



Fig. 6. Motor de passo utilizado no projeto.

#### Projeto mecânico

O projeto mecânico foi concebido de tal maneira que sempre que o motor estiver desenergizado, não haja possibilidade de alterar a posição do painel fotovoltaico. Isto foi feito para evitar que eventuais ventanias interfiram no processo e também para evitar que o motor tenha de ficar energizado sempre, o que proporcionaria um maior gasto de energia dos painéis.

O suporte dos painéis oferece o controle de posicionamento em dois eixos, sendo um automático responsável pelo acompanhamento diário do sol e o segundo eixo manual, apenas para acompanhamento das estações do ano.

No primeiro eixo (automático) tem-se o motor de passo acoplado diretamente a uma das extremidades de uma barra roscada, e na outra extremidade desta barra tem-se uma bucha. No corpo desta barra, existem duas porcas soldadas a um braço, e este fixado diretamente ao painel fotovoltaico. À medida que o motor gira no sentido horário, têm-se as porcas subindo pelo corpo da barra e conseqüentemente o movimento do painel de leste para oeste.

À medida que o motor gira no sentido anti-horário, têm-se as porcas descendo pelo corpo da barra e conseqüentemente o movimento do painel de oeste para leste.

Tem-se, portanto 294° de liberdade de giro, o que é mais do que suficiente para o rastreamento do sol ao longo do dia.

A seguir pode-se observar na Fig. 7 o sistema de travamento utilizando-se da barra roscada, assim como o modo como o painel deverá se mover quando este estiver rastreamento o sol.

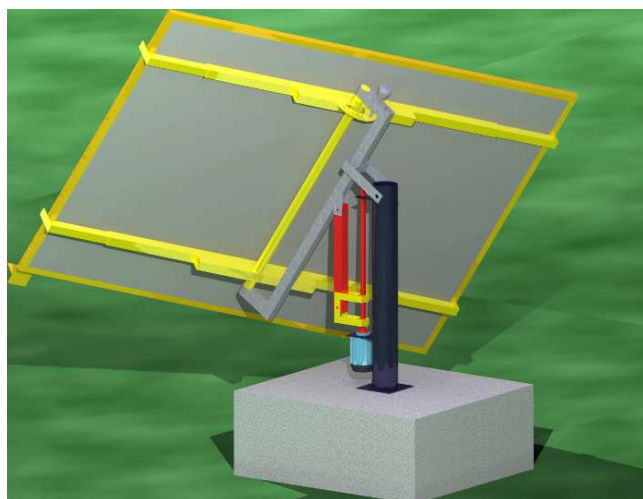


Fig. 7. Suporte do painel fotovoltaico e seu sistema de giro automático para acompanhamento diário do movimento aparente do sol.

No segundo eixo (manual) têm-se quatro orifícios onde cada orifício representa uma estação do ano. Para travar o sistema em um destes orifícios há uma espécie de maçaneta que o indivíduo quando da troca de estação, deve puxá-la, pois a mesma tem um sistema de mola para deixá-la sempre travada. Ao puxar esta maçaneta, o indivíduo tem a possibilidade do ajuste para a estação desejada. Tal sistema pode ser observado na Fig. 8.

Ao selecionar o orifício que corresponde à estação desejada, deve-se soltar a maçaneta e a mola fará o travamento do sistema, garantido que a mesma não perca a posição.



Fig. 8. Suporte do painel fotovoltaico e seu sistema de ajuste manual das estações do ano.

#### LEVANTAMENTO DE CUSTO

O levantamento de custo do projeto foi realizado com base nos componentes eletrônicos utilizados para a confecção das placas de controle e do material usado para montagem do suporte do painel fotovoltaico.

A Tabela I mostra uma lista dos materiais utilizados nos circuitos eletrônicos, contemplando quantidade e o preço praticado hoje [5], [6].

TABELA I

Lista de materiais utilizados na realização do projeto

elétrico e eletrônico

Item	Qty	Descrição	Preço/unidade	Total
1	3	Relé 12vcc	R\$ 3,00	R\$ 9,00
2	11	Resistor	R\$ 0,10	R\$ 1,10
3	3	Transistor BC 548	R\$ 0,30	R\$ 0,90
4	3	Trimpot	R\$ 1,00	R\$ 3,00
5	7	Borne de 2 terminais	R\$ 0,60	R\$ 4,20
6	5	Borne de 3 terminais	R\$ 0,70	R\$ 3,50
7	1	Diodo 1N 4007	R\$ 0,10	R\$ 0,10
8	3	Diodo 1N 4148	R\$ 0,10	R\$ 0,30
9	2	Capacitor ceramico	R\$ 0,10	R\$ 0,20
10	2	Capacitor eletrolítico	R\$ 0,80	R\$ 1,60
11	1	CI 7805	R\$ 1,30	R\$ 1,30
12	3	LDR	R\$ 1,00	R\$ 3,00
13	1	Soquete para CI de 18 pinos	R\$ 0,50	R\$ 0,50
14	1	PIC 16F84A	R\$ 16,50	R\$ 16,50
15	4	Micro switch c/ aste longa	R\$ 2,80	R\$ 11,20
16	1	Cristal de 4MHz	R\$ 1,50	R\$ 1,50
17	1	Motor de passo	R\$ 135,00	R\$ 135,00
18	1	Mão de obra	R\$ 70,00	R\$ 70,00
				<b>R\$ 262,90</b>

A Tabela II mostra uma lista dos materiais utilizados na estrutura mecânica, contemplando quantidade e o preço praticado hoje [7], [8].

TABELA II

Lista de materiais utilizados na construção da estrutura mecânica

Item	Qty	Descrição	Preço/unidade	Total
1	1	Barra Chata 1/2"x3/16"	R\$ 12,50	R\$ 12,50
2	1	Barra roscada de 1" x 1m	R\$ 14,00	R\$ 14,00
3	2	porca de 1"	R\$ 0,50	R\$ 1,00
4	2	Metalon 20x40x0,9	R\$ 20,50	R\$ 41,00
5	2	Parafuso de 1" 1/2 com porca e arruela	R\$ 0,40	R\$ 0,80
6	1	Parafuso de 3" 1/2 com porca e arruela	R\$ 0,65	R\$ 0,65
7	1	Parafuso de 2" com porca e arruela	R\$ 0,45	R\$ 0,45
8	1	Barra redonda de 1/2"	R\$ 17,50	R\$ 17,50
9	1	Bucha para eixo de 1/2"	R\$ 45,00	R\$ 45,00
10	1	Mão de obra	R\$ 170,00	R\$ 170,00
				<b>R\$ 302,90</b>

Para que se pudesse fazer um comparativo de preços e, portanto, que fosse possível verificar a viabilidade econômica do projeto, foi efetuada também uma pesquisa de mercado a fim de verificar os preços, assim como a disponibilidade de se adquirir rastreadores comerciais.

Pode-se dizer que existem poucas opções no mercado local, visto que foi encontrado apenas um modelo de rastreador disponível, não oferecendo desta forma possibilidade de escolha a aqueles que desejam utilizar-se do mesmo.

Na Fig. 9 pode-se observar o rastreador solar encontrado.



Fig. 9. Rastreador importado utilizado para verificar a viabilidade do projeto.

Trata-se do ETATRACK active 1500, um modelo importado da Alemanha, que tem como representante comercial no Brasil a empresa Solarterra. O mesmo é comercializado por R\$ 4500,00 reais, não inclusos os serviços de instalação. Este rastreador comporta até 15m<sup>2</sup> de placas fotovoltaicas e foi o único encontrado, sendo comercializado por empresas nacionais [9], [10].

ANÁLISE E RESULTADOS

As medições feitas no campo se mostraram bastante satisfatória. O que chama bastante a atenção são as grandes diferenças de rendimento encontradas quando foram comparados os painéis fixos com os painéis móveis de um e dois eixos. Na Fig. 9 pode-se observar o gráfico das medições realizadas em um pequeno período do dia.

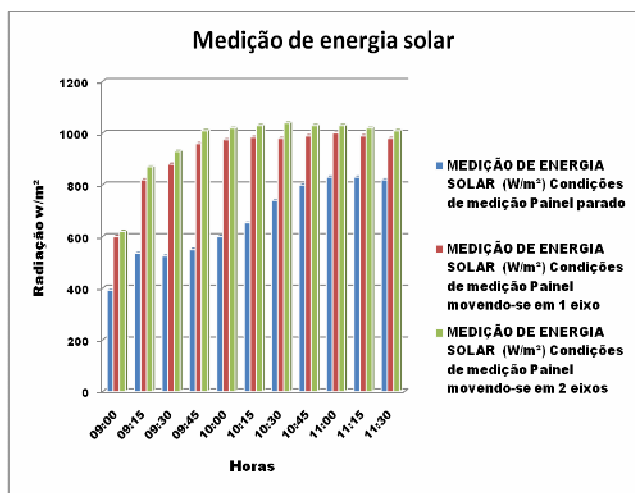


Fig. 10. Gráfico referente a medições realizadas em um pequeno trecho do dia.

Através da figura acima pode-se perceber que existe uma grande diferença de rendimento entre painéis fixos e móveis.

Esta diferença chega à casa dos 45% se comparados os painéis fixos com os painéis capazes de se mover em dois eixos. Cai um pouco quando comparamos o rendimento dos fixos com os de apenas um eixo, ficando na ordem dos 39% e torna-se muito pequeno quando comparam-se os dados obtidos entre os painéis móveis de um e dois eixos.

CONCLUSÃO

A diferença de rendimento entre os painéis com movimento em apenas um eixo em relação aos de dois eixos se mostraram muito baixas, o que mostrou ser acertada a escolha do segundo eixo ser manual, visto que o custo para automatização do mesmo tornaria-se inviável.

O preço para realização do projeto é de apenas 13% do valor do rastreador comercial mostrado na Fig. 9. Outra vantagem é a facilidade de se encontrar peças de reposição para o mesmo, em uma eventual manutenção.

ANEXO 1

A referência [4] mostra o programa desenvolvido em linguagem C, para o controle do motor de passo.

```

*****
;
;* Controle para motores de passo
*
*****
;
;
;*****
;*Definições do programa
*
*****
;
radix dec                ;padrao->valores decimal
include <P16F84A.INC>    ;include arquivo

__CONFIG_CP_OFF & _PWRTE_OFF &
_WDT_OFF & _XT_OSC ;configura bits

PICRES equ 0x00;endereço de reset
PICINT equ 0x04;endereço de interrupções
PICRAM equ 0x0C;endereço da RAM
CHV1 equ 0 ;i/o da chave para mover a
direira
CHV2 equ 1 ;i/o da chave para mover a
esquerda
CHV3 equ 2 ;i/o da chave para parar o
motor

;
;*****
;*variaveis do programa
*
*****
;
org PICRAM

T1 res 1;variável para temporizador
T2 res 1;variável para temporizador
T3 res 1;variável para temporizador
T4 res 1;variável para temporizador
SENT res 1;variável sentido
CONT res 1;variável contador

;
;*****
;*area do reset
*
*****
;
org PICRES ;reset
goto inicio ;desvia do endereço 0x04
-interrupção
    
```

```

;
;
;*****
;
; *area das interrupções
*
;*****
;
    org PICINT ;toda interrupção aponta para
este endereço

    retfie      ;retorno de interrupção

;
;
;*****
;
; *início do programa
*
;*****
;
início:

movlw 0x00      ;ajuste para os bits INTCON
movwf INTCON    ;desabilita ints

clrf   PORTA    ;limpa portas
clrf   PORTB

bsf   STATUS,RP0 ;seleciona banco 1 para
options e tris

movlw 0x07      ;ajusta os bits em A como
entradas
movwf TRISA     ;exceto RA2, RA3 e RA4

movlw 0x00      ;ajusta os bits em B como saída
movwf TRISB ;

bcf   STATUS,RP0 ;volta ao banco 0... (padrão
do reset)

movlw 0x03      ;carrega variável sentido
movwf SENT      ;para motor parado
;
;*****
;
; *loop principal do programa
*
;*****
;

principal:

btfsc PORTA, CHV1 ;testa chave 1
call   tec1       ;pressionada, gira horário
btfsc PORTA, CHV2 ;testa chave 2
call   tec2 ;pressionada, gira anti-horário
btfsc PORTA, CHV3 ;testa chave 3
call   tec3       ;pressionada, para motor

movf   SENT,W     ;prepara para comparar
sentido
xorlw  0x01       ;é igual a 1
btfsc STATUS,Z
call   gira_ho

movf   SENT,W     ;prepara para comparar
sentido

```

```

xorlw  0x02       ;é igual a 2
btfsc STATUS,Z
call   gira_anti

movf   SENT,W     ;prepara para comparar
sentido
xorlw  0x03       ;é igual a 3
btfsc STATUS,Z
call   parar

goto   principal ;faz infinitamente

;
;
;*****
;
; *subrotinas de operação das teclas
*
;*****
;

tec1:
call   _5ms       ;aguarda para verificar se
tecla ainda pressionada
btfsc PORTA, CHV1;testa chave 1
novamente
goto   tec1_1 ;pressionada, gira horário
goto   fimtec

tec1_1:
movlw 0x01 ;carrega com 01
movwf SENT ;variável do sentido
goto   fimtec

tec2:
call   _5ms ;aguarda para verificar se tecla
ainda pressionada
btfsc PORTA, CHV2;testa chave 2
novamente
goto   tec2_1 ;pressionada, gira anti-horário
goto   fimtec

tec2_1:
movlw 0x02 ;carrega com 02
movwf SENT ;variável do sentido
goto   fimtec

tec3:
call   _5ms       ;aguarda para verificar se
tecla ainda pressionada
btfsc PORTA, CHV3;testa chave 3
novamente
goto   tec3_1;pressionada, gira horário
goto   fimtec

tec3_1:
movlw 0x03 ;carrega com 03
movwf SENT ;variável do sentido

fimtec:
return

;
;
;*****
;

```

```

; *subrotinas de operação do motor
*
;*****
gira_ho:
movlw 0x01 ;gira no sentido horário
movwf CONT ;carrega valor no contador
g_ho:
movf CONT,W
call tabela ;busca valor na tabela
movwf PORTB ;movimenta motor
call tempmotor;temporiza
incf CONT,F ;incrementa até 5
movf CONT,W
xorlw 0x05 ;compara com 5
btfss STATUS,Z;se igual, retorna
goto g_ho ;se não continua
return

gira_anti:
movlw 0x04 ;gira no sentido anti-horário
movwf CONT ;carrega contador
g_anti:
movf CONT,W
call tabela ;busca valor na tabela
movwf PORTB ;movimenta motor
call tempmotor ;temporiza
decfsz CONT,F ;decrementa até 0
goto g_anti ;ainda não é zero, continua
return ;igual a zero, retorna

parar:
movlw 0x00 ;prepara para parar
movwf PORTB ;zera porta B
return

tabela:
addwf PCL;tabela com valores para bobinas
retlw 0x00 ;valor 0, sem uso
retlw 0x06 ;binário 0110
retlw 0x05 ;binário 0101
retlw 0x09 ;binário 1001
retlw 0x0A ;binário 1010

tempmotor:
;experimente trocar os valores de temporização
;call _5ms
;call _20ms
;call _200ms
;call _1000ms

call _20ms ;temporiza
return

;*****
; * rotinas de temporização
*
;*****

movwf T4
goto car_1

_5ms:
movlw 0x06 ;carrega W com 06
movwf T1 ;carrega T1 com W
movlw 0x00 ;carrega T4 com 0
movwf T4
goto car_1

_20ms:
movlw 0x18 ;carrega W com 24
movwf T1 ;carrega T1 com W
movlw 0x00 ;carrega T4 com 0
movwf T4
goto car_1

_200ms:
movlw 0x01 ;carrega W com 86
movwf T1 ;carrega T1 com W
movlw 0x01 ;carrega T4 com 1
movwf T4
goto car_1 ;aguarda 1 segundo
com clock de 4MHz

_1000ms:
movlw 0x06 ;carrega W com 4
movwf T3 ;carrega T3 com 4
movlw 0x01 ;carrega T4 com 1
movwf T4

car:
movlw 0xff ;carrega W com 255
movwf T1 ;carrega T1 com W
btfsc T4,0 ;testa bit 0 de T4
decfsz T3,F ;decrementa T3
goto car_1
return

car_1:
movlw 0xFF ;carrega W com 255
movwf T2 ;carrega T2 com 255

dec_1:
decfsz T2,1 ;decrementa T2
goto dec_1 ;255 x T1 vezes
decfsz T1,1 ;decrementa T1
goto car_1 ;volta a carregar T2
btfsc T4,0 ;testa bit 0 de T4
goto car ;retorna 0 em W
return

;
;*****
; *fim do programa *
;*****

end

_1ms:
movlw 0x02 ;carrega W com 01
movwf T1 ;carrega T1 com W
movlw 0x00 ;carrega T4 com 0

```



## REFERÊNCIAS:

- [7] C.A.A. De Oliveira, "Desenvolvimento de um protótipo de rastreador solar de baixo custo e sem baterias", dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2007.[online].Disponível:CAA DE OLIVEIRA - btd.ufpe.br;
- [8] P.C.Veras, "Estudo dos benefícios e proposta de um modelo de controle de um rastreador solar ativo", Trabalho de graduação, Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2004.[online].Disponível:PC Veras - mec.ita.br;
- [9] Circuito dos sensores. [online].Disponível: <http://www.mecatronicaatual.com.br/app/webroot/files/file/39.pdf>. Novembro de 2009;
- [10] Circuito e programa para acionamento do motor de passo, [online].Disponível:[http://arnerobotics.com/electronica/Microcontrolador\\_PIC\\_pratica\\_3.htm](http://arnerobotics.com/electronica/Microcontrolador_PIC_pratica_3.htm). Novembro de 2009;
- [11] Cotação do motor de passo utilizado no projeto.[online].Disponível:<http://www.microgenius.com.br/shop/sessoes.asp?id=40&categoria=61&subcategoria=131>. Novembro de 2009;
- [12] Cotação dos materiais utilizados na realização do projeto elétrico e eletrônico.[online].Disponível:<http://www.blucolor.com.br/>. Novembro de 2009;
- [13] Cotação materiais utilizados na construção da estrutura mecânica.[online].Disponível:<http://www.reiparparafusos.com.br>. Novembro de 2009;
- [14] Cotação materiais utilizados na construção da estrutura mecânica.[online].Disponível:<http://www.fortaco.com.br/site/orcamento>. Novembro de 2009;
- [15] Cotação do rastreador importado utilizado para verificação de viabilidade do projeto. [online].Disponível: <http://www.solarterra.com.br/index-produtos.html>. Novembro de 2009;
- [16] Cotação do rastreador importado utilizado para verificação de viabilidade do projeto. [online].Disponível: <http://www.lorenz.de/offgrid/en/products/tracker/intro>. Novembro de 2009;

**Direitos autorais**

Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.

