

Análise do impacto ambiental causado pela geração de energia eólica

LUCIANO LAIGNIER DE SOUZA*, RAFAEL BORGES DA CUNHA**, ARLETE VIEIRA DA SILVA***, MARIO HENRIQUE PEREIRA SANTOS****

A utilização da energia eólica possui várias vantagens se comparada com o modo de produção de energia tradicional. A principal e a mais notável é que se trata de uma fonte inesgotável, já que depende apenas de recurso natural, o vento. Outra grande vantagem é não emitir gases poluentes e não gerar resíduos, evitando assim ser prejudicial em questão de aquecimento global e por isso ter um baixíssimo impacto ambiental. Outro benefício é a redução no custo de produção, o que torna ela uma das fontes de energia mais baratas atualmente. Entretanto, o aproveitamento energético eólico também apresenta as suas desvantagens e impactos. Apesar de ser uma fonte inesgotável, ela depende da força dos ventos, que às vezes não é suficiente para gerar eletricidade. Em nosso país os ventos costumam ser aproveitáveis somente durante parte do ano. Outro grande malefício é o impacto visual que a fonte provoca, principalmente para os moradores ao redor dos parques.

A instalação de parques eólicos gera uma grande modificação da paisagem local. Outro impacto facilmente notado é o sonoro, o som do vento batendo nas pás produz um ruído que pode alcançar até 43 dB (decibéis). Por esse motivo as residências devem ficar no mínimo a 200 metros de distância.



DIVULGAÇÃO/AGÊNCIA PETROBRAS

Energia eólica é a energia produzida a partir da força dos ventos, sendo abundante, renovável, limpa e disponível em muitos lugares. Essa energia é gerada por meio de aerogeradora, nas quais a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. A quantidade de energia transferida é função da densidade do ar, da área coberta pela rotação das pás (hélices) e da velocidade do vento.

A avaliação técnica do potencial eólico

exige um conhecimento detalhado do comportamento dos ventos. Os dados relativos a esse comportamento que auxiliam na determinação do potencial eólico de uma região são relativos à intensidade da velocidade e à direção do vento. Para obter esses dados é necessário também analisar os fatores que influenciam o regime dos ventos na localidade do empreendimento. Entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos distribuídos ao longo da região.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m² a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s. Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m, em apenas 13% da superfície terrestre. Essa proporção varia muito entre regiões e continentes, chegando a 32% na Europa Ocidental.

O número de aerogeradores utilizados depende da potência dos mesmos, permitindo-se uma significativa redução do seu número pelo aumento da sua potência, com consequências positivas do ponto de vista econômico e ambiental. É, no entanto, necessário ter em atenção que uma maior potência está associada a uma maior altura das torres e a um maior diâmetro das pás, verificando-se que uma potência superior só é preferível até um dado limite.

Deste modo, o desenvolvimento de um projeto eólico é susceptível de gerar efeitos ambientais negativos que devem ser minimizados ou eliminados. Os impactos que mais têm interessado a comunidade científica e ao público em geral é, por um lado, a perturbação e o efeito de barreira causado pelos aerogeradores sobre as diversas espécies de aves e por outro, a mortalidade destas e de morcegos, devido à colisão com as pás dos aerogeradores e outras estruturas associadas.

Um recente estudo de revisão sobre este tema mostra que algumas espécies de aves diminuíram os seus níveis reprodutivos após o início do funcionamento de parques eólicos. Noutros casos verificou-se uma diminuição da densidade de aves que utilizavam as zonas ocupadas por estes empreendimentos como locais de alimentação ou dormitório.

A mortalidade de aves e morcegos devido a colisões com as pás dos aerogeradores e estruturas associadas é, atualmente, a questão que mais polémica levantada. Um estudo de revisão sobre este tema num universo de 15 000 aerogeradores implantados nos Es-

tados Unidos, estimou uma mortalidade de 2,19 aves/ aerogerador/ ano, ou seja, aproximadamente 30 000 indivíduos, entre os quais 448 rapinas.

Estudos realizados nos Estados Unidos concluíram que a mortalidade por colisão em parques eólicos existe, mas é muito pequena quando comparada com outras fontes de mortalidade de aves por colisão. As principais razões apontadas são o fato de o número de turbinas existentes serem muitíssimo menor que o de outras fontes, e de os parques eólicos se localizarem muitas vezes em áreas de utilização relativamente reduzida pelas aves.

Alguns autores consideram que a composição das vítimas em termos dos grupos de aves afetadas é provavelmente tendenciosa para as aves de maior porte, uma vez que as menores são mais difíceis de detectar e a predação sobre elas é, em princípio, superior. Mesmo assim, vários estudos têm confirmado impactos relevantes sobre passeriformes em termos de mortalidade por colisão, que podem constituir mais de 33% (Erickson et al., 2001), 67% (Saraiva, 2004), ou 82% (Tomé, 2003 a, b), do total de aves mortas. É ainda de se salientar que a grande maioria dos estudos considera que o principal fator que condiciona a mortalidade de aves e morcegos é a localização dos parques eólicos e de cada um dos aerogeradores que os constituem (e.g. SEO/ BirdLife, 1998; Erickson et al., 2001; PNAWPPM-IV, 2001; BirdLife, 2002; Erickson et al., 2002; Saraiva, 2003; Anderson et al., 2004).

IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO PELA ENERGIA EÓLICA

Os equipamentos de pequeno porte têm impacto ambiental geralmente desprezível. Já parques eólicos apresentam impactos ambientais consideráveis, e podem ser classificados em:

1) **Impacto sobre a fauna** - A maior preocupação relativa à fauna é com os pássaros, os quais podem vir a colidir com estruturas (torres de alta tensão, mastros, janelas de edifícios) e com as turbinas eólicas, devido à dificuldade de visualização. Outros motivos, como o tráfego de veículos em autoestradas e a caça, também são responsáveis pela morte dos pássaros. Porém o comportamento dos pássaros e as taxas de mortalidade tendem a ser específicos para cada espécie e também para cada lugar. Estimativas de mortes de pássaros nos Países Baixos (figura 1), causadas por várias ações diretas e indiretas do homem, mostram que o tráfego de veículos apresenta uma taxa que, em comparação às

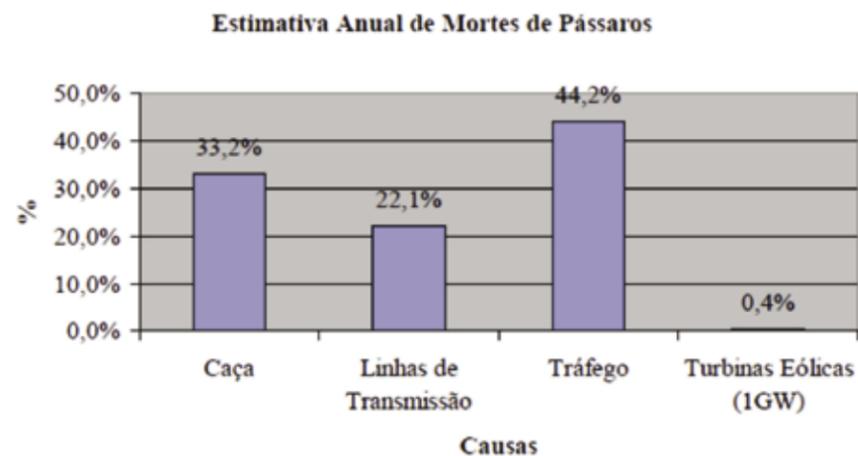


Figura 1 - Estimativa de mortes anuais de pássaros nos Países Baixos (fonte: Bourillon, 1999)

estimativas de mortes por parque eólico de 1 GW, é 100 vezes maior (Bourillon, 1999).

Na Alemanha foi contabilizado um total de 32 pássaros mortos por turbinas eólicas entre os anos de 1989 e 1990, em todos os parques eólicos do país. Em comparação a esse número, também foram computados os pássaros vitimados pelo impacto em torres de antenas. Encontrou-se, para o ano de 1989, um total de 287 pássaros mortos na Alemanha devido a este fator (Dewi, 1996).

O pior caso de colisão de pássaros em turbinas eólicas aconteceu nas proximidades de Tarifa, na Espanha. No final de 1993, 269 turbinas eólicas foram instaladas de um total projetado de 2 000 turbinas. Localizado nas principais rotas de migração de pássaros da Europa Ocidental, o local onde se instalaram as turbinas é um “grande mal-entendido” segundo o diretor da Agência Espanhola de Energia Renovável (IDAE), que fez uma das mais extraordinárias admissões de culpa: “O que me ocorreu sobre o fato é que foi um inoportuno lapso de memória. Ninguém pensou nas migrações dos pássaros”.

Muitos pássaros de inúmeras espécies ameaçadas de extinção morreram em colisões com as turbinas (World Energy Council, 1993).

Fora das rotas de migração, os pássaros são raramente incomodados pelas turbinas eólicas. Estudos com radares em Tjaereborg, região oeste da Dinamarca, mostram que no local onde foi instalada uma turbina eólica de 2 MW, com 60m de diâmetro, os pássaros tendem a mudar sua rota de voo entre 100m a 200m, passando por cima ou ao redor da turbina, em distâncias seguras. Esse comportamento tem sido observado tanto durante a noite quanto durante o dia. Na Dinamarca é comum um grande número

de ninhos de falcões nas torres das turbinas eólicas (Elliot, 2000).

2) Ruído - As turbinas eólicas produzem dois tipos de ruído: o ruído mecânico de engrenagens e geradores, e ruído aerodinâmico das pás. Os ruídos mecânicos têm sido praticamente eliminados através de materiais de isolamento. O ruído aerodinâmico é produzido pela rotação das pás gerando um som sibilante que é uma função da velocidade de ponta. Os projetos modernos de usinas eólicas estão sendo otimizados com escopo de reduzir o ruído aerodinâmico.

O ruído no interior ou em torno de uma usina eólica varia consideravelmente dependendo de uma série de fatores, como: o leiaute da usina, o modelo de turbinas instaladas, o relevo do terreno, a velocidade e a direção do vento e o ruído de fundo. O aumento das emissões de som das turbinas eólicas está relacionado com aumento da velocidade do vento. No entanto, o ruído de fundo que normalmente aumenta mais rápido que o som da turbina, tende a mascarar o

ruído das mesmas com o crescimento da velocidade do vento (Noise Association, 2002).

Níveis de ruído diminuem à medida que aumenta a distância entre turbinas eólicas e são mais comumente expressos em dB(A), decibéis medidos na escala A de compensação do aparelho medidor (decibelímetro), por ser essa a escala que mais se aproxima da percepção humana do ruído. As previsões dos níveis sonoros em usinas eólicas futuras são de extrema importância a fim de prever o impacto do ruído.

Quando há pessoas que vivem perto de uma usina eólica, os cuidados devem ser tomados para garantir que o som das turbinas de vento seja em um nível razoável em relação ao nível de som ambiente na área. Devido à grande variação dos níveis de tolerância individual ao ruído, não há nenhuma maneira completamente satisfatória para se medir os seus efeitos subjetivos, ou as reações correspondentes de aborrecimento e insatisfação (Noise Association, 2002).

O aborrecimento individual para o ruído é um tema muito complexo, mas estudos demonstraram uma correlação entre o ruído incômodo com a interferência visual e a presença de características de som intrusivo. Da mesma forma, o incômodo é maior na área rural do que na periferia e também mais elevados em terreno complexo, em comparação com o solo plano em um ambiente rural (Winds Energy, 2012).

Ruído de baixa frequência (RBF), também conhecido como infrassom, é usado para descrever a energia sonora na região abaixo de 200 Hz. O RBF pode causar desconforto e incômodo para as pessoas sensíveis e por isso tem sido amplamente analisado.

O efeito mais importante é que as turbinas eólicas modernas com o rotor colocado contra o vento produzem níveis muito baixos de infrassom, geralmente abaixo do limiar de percepção (Leventhall, 2003; Hep-

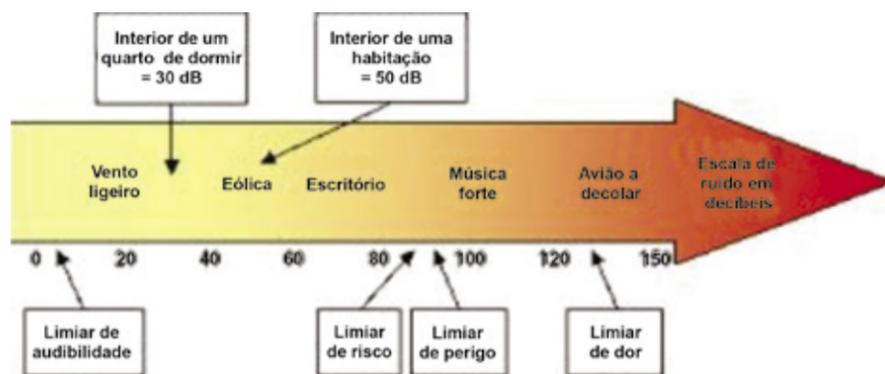


Figura 2 - Escala de ruídos em dB (fonte: Revue Sciences et Avenir, julho de 2004)



Figura 3 - Parque Praias de Parajuru (CE)



Figura 4 - Energia eólica e agricultura ocupando o mesmo espaço

burn e Edworthy, 2005; DTI, 2006, apud Winds Energy, 2012). Um levantamento dos resultados nas medições de infrassom de turbinas eólicas publicados, conclui que, com turbinas upwind, o infrassom pode ser negligenciado na avaliação dos efeitos ambientais (Jacobsen, 2005).

As emissões de ruídos são reguladas por normas técnicas da ABNT 10.151 e 10.152. Vários estudos têm demonstrado os perigos deste tipo de decibéis à saúde humana. Decibéis do tipo B e C, chamados de infrassom, embora inaudíveis (figura 2), são sentidos como uma vibração no corpo, mesmo dentro das casas, sendo prejudiciais à saúde tanto quanto ou mais do que o tipo A, e podem causar falta de sono, náuseas, tonturas, dores de cabeça, aumento de pressão arterial, agressividade e outros. Um observador, se exposto por um tempo curto ao ruído é limitado a uma percepção instantânea deles, mas é incapaz de assumir os verdadeiros efeitos no longo prazo. A exposição distribuída por um período de tempo, pelo menos, duas semanas pode causar a maioria dos efeitos sentidos em seres humanos. Os impactos do ruído dependem de vários fatores: direção e força do vento, altura e tipo de vento, topografia, pressão do ar, obstáculos e fenômenos físicos específicos (Noise Association, 2002).

A agência ambiental francesa, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe), sugere um afastamento mínimo de 250m entre a torre de eólica e uma residência humana, sendo entretanto, essa distância definida em audiência pública. A Academia Nacional de Medicina da França e do Reino Unido, Noise Association, recomenda uma distância de 1,5km (Villey Migrainel, 2004). Vários estudos registraram um conjunto comum de efeitos adversos à saúde de pessoas que vivem próximas aos aerogeradores. Esses sintomas começaram após o funcionamento das usinas eólicas, e incluem: distúrbios do sono; dor de cabeça; zumbido nos ouvidos; pressão no ouvido; náuseas; tonturas; taquicardia; irritabilidade; problemas de concentração e memória; episódios de pânico com sensação de pulsação interna ou trêmula que surgem quando acordado ou dormindo.

Esses distúrbios têm sua principal causa o efeito da baixa frequência do ruído de turbinas eólicas nos órgãos do ouvido interno. Existe uma tabela de referência, onde consta um resumo das pesquisas realizadas sobre a distância a ser definida entre a torre de eólica e residências próximas, sendo esses valores, em sua maioria de ordem prática, pois nem todos foram regulamentados.

3) Impacto visual - Os impactos visuais são decorrentes do agrupamento de torres e aerogeradores, principalmente no caso de centrais eólicas com um número considerável de turbinas, também conhecidas como fazendas eólicas.

Os impactos variam muito de acordo com o local das instalações, o arranjo das torres e as especificações das turbinas. Apesar de efeitos negativos, como alterações na paisagem natural, esses impactos tendem a atrair turistas (figura 3), gerando renda, emprego, arrecadações e promovendo o desenvolvimento regional.

4) Utilização da terra - Impactos sobre o uso de terras é quantificado pela área ocupada, sendo que em geral ocupam 0,06 a 0,08 km²/MW (12-16MW/km²), podendo a área ser utilizada para outros propósitos tais como agricultura (figura 4).

No entanto não devemos esquecer que a implantação de obstáculos ou o aumento da rugosidade do terreno implica uma diminuição da produção do parque. De uma forma geral a instalação de parques eólicos, não afeta significativamente o habitat natural.

O impacto sobre o solo ocorre de forma pontual à área de instalação da base de concreto onde a turbina é instalada. Vários testes de compactação do solo são feitos para avaliação das condições de instalação de cada turbina. Por não haver uso de combustíveis fósseis, o risco de contaminação do solo por resíduo líquido devido à operação e manutenção de parques eólicos é reduzido ou quase nulo. Esta característica minimiza também os riscos de contaminação do lençol freático.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m², a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (Grubb; Meyer, 1993).

5) Interferência eletromagnética (IEM) - Um parque eólico pode causar distúrbio em sistemas de telecomunicações de rádio micro-ondas e celular, comunicação naval e sistemas de controle de tráfego aéreo (ondas de rádio e micro-ondas são utilizadas para uma grande variedade de propósitos de comunicação), uma que grandes estruturas em

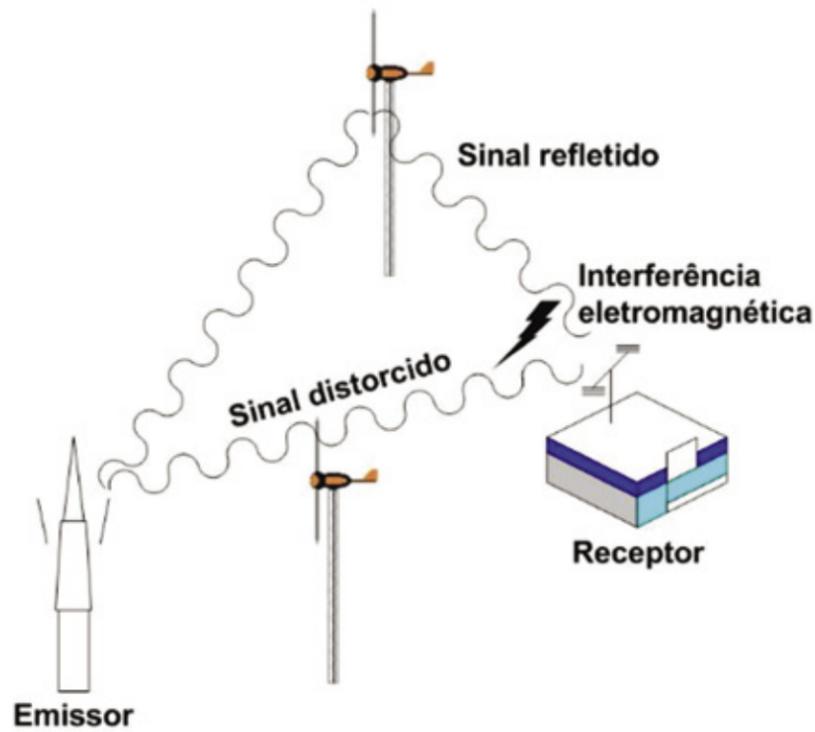


Figura 5 - Interferência produzida por uma turbina eólica

movimento podem produzir interferência eletromagnética (IEM).

A interferência pode ser produzida por três elementos de uma turbina eólica: torre, pás e o gerador (figura 5). A torre e as

lâminas podem obstruir, refletir ou refratar as ondas eletromagnéticas. Já o sistema elétrico geralmente não é um problema para as telecomunicações, pois a interferência pode ser eliminada com isolante

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] NREL - NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY - Arquivos de Fotos Maio, 2001. Disponível na internet via <http://www.nrel.gov/> (consultado em 2001).

[2] GREENPEACE INTERNATIONAL - European Wind Energy Association (EWEA) and Forum For Energy And Development - Fed. - Wind Force 10 - A Blueprint To Achieve 10% Of The World's Electricity From Wind Power By 2020. London, 1999.

[3] JACOBSON, M. Z.; MASTERS, G. M. - Exploiting Wind Versus Coal Science 293. August, 2001.

[4] EWEA - EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION - Wind Energy - The Facts Environment, Vol. 4., 2000 d. Disponível na internet via <http://www.ewea.org> (consultado em 2000).

[5] WORLD ENERGY COUNCIL - New Renewable Energy Resources: Opportunities and Constraints 1990 - 2020. London, Kogan Page, 1993.

[6] BOURILLON, C. - Wind Energy - Clean Power for Generations Renewable Energy 16, 1-4, Janeiro, 1999: 948-953.

[7] DEWI - DEUTSCHES WIND ENERGIE INSTITUT - Environmental Aspects and Acceptance of Wind Energy. Wilhelmshaven, Eldorado Summer School, 1996.

[8] ELLIOT, D. - Renewable Energy and Sustainable Futures. Vol. 32, pp 261-274, Great Britain, 2000.

[9] MCGOWAN, J. G.; CONNERS, S. R. - Windpower: A Turn of the Century Review Annual Review of Energy and the Environment. Vol. 25, pp 147-197, 2000.

[10] EWEA - EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION - Wind Energy and the Environment 2000 e. Disponível na internet <http://www.ewea.org/src/environment.htm> (consultado em 2000).

[11] _____ - Wind Energy - The Facts. Cost, Prices and Values, Vol. 2, 2000 c. Disponível na internet via <http://www.ewea.org> (consultado em 2000).

[12] _____ - Wind Energy - The Facts. Market Development, Vol. 5, 2000 b. Disponível na internet via <http://www.ewea.org> (consultado em 2000).

[13] ESSLEMONT, E.; MOCCORMICK, M. - Sociological Impact of a Wind Farm Development. The World Directory of Renewable Energy: Suppliers and Services. London: James x James, 1996.

[14] AKF - AMTERNESOG KOMMUNERNES FOR SKININGS INSTITUT - Social Assesment of Wind Power. Denmark, Research institute of the contries and municipalities in Denmark, April, 1996.

[15] TERCIOITE, TORRES - A Energia Eólica e o Meio Ambiente.

[16] CORREA, PAULA MACHADO - Energia Eólica - Análise teórica e sua aplicação no mundo. Porto Alegre, Junho de 2010.

[17] FILHO, WILSON PEREIRA BARBOSA - Impactos ambientais em usinas eólicas, Itajubá (MG), Maio de 2013.

[18] SALINO, PEDRO JORDÃO - Energia Eólica no Brasil: Uma comparação do Proinfa e dos novos Leilões, Rio de Janeiro, 2011.

adequado e uma boa manutenção. O grau e a natureza da interferência dependerão da localização da turbina entre o transmissor e o receptor, as características das pás, frequência do sinal, características do receptor e a propagação das ondas de rádio na atmosfera local (Ewea, 2009).

Como medidas de mitigação desses impactos, em geral, é possível a instalação de antenas de maior qualidade e amplificadores ou satélites e TV a cabo, além disso, se a área afetada for grande, é possível realocar as antenas ou mesmo construir uma estação repetidora no local afetado.

A IEM é causada em sua maioria por materiais metálicos, que são refletores e na minoria por pás de madeira, que absorvem. A fibra de vidro reforçada com epoxi, que é utilizada na maioria das pás modernas é parcialmente transparente às ondas eletromagnéticas e, portanto diminui o efeito da IEM (McGowan et al, 2000).

CONCLUSÃO

Mesmo apresentando, como toda tecnologia energética, algumas características ambientais desfavoráveis, conforme visto neste trabalho, o aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica deve ser encorajado e algumas destas características podem ser significativamente minimizadas e até mesmo eliminadas com planejamento adequado e inovações tecnológicas.

De todo modo, cabe agora observar o desenvolvimento de tais empreendimentos de modo a dar continuidade à evolução tecnológica da energia eólica no país, e desta forma, planejar da melhor maneira possível à expansão da matriz de energia elétrica, de maneira que as metas estabelecidas pelo governo sejam atingidas e garantidas para segurança no fornecimento elétrico nacional.

* Luciano Laignier de Souza é engenheiro electricista - Centro Universitário de Belo Horizonte UNI-BH
E-mail: lucianolaignier@yahoo.com.br

** Rafael Borges da Cunha é engenheiro electricista - Centro Universitário de Belo Horizonte UNI-BH
E-mail: rafaelborgesc@hotmail.com

*** Arlete Vieira da Silva é mestre em Geografia e Análise Ambiental (UFMG), professora e coordenadora de Curso de Tecnologia em Manutenção do Centro Universitário de Belo Horizonte UNI-BH
E-mail: arlete.silva@prof.unibh.br

**** Mario Henrique Pereira Santos é engenheiro electricista, mestre em Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica de Potência, professor e orientador do Centro Universitário de Belo Horizonte UNI-BH
E-mail: mariohenriquesantos@gmail.com

MOVAX

SIDE-GRIP

SG-45
SG-45V



Getefer
Rua Pedro Santalúcia, 162
04815-250 - São Paulo - SP
Fone/Fax: (11) 5666.1795
E-mail: getefer@getefer.com.br
www.getefer.com.br

BATE-ESTACAS VIBRATÓRIOS
ESTACAS-PRANCHA - VIGAS H - ESTACAS TUBULARES - ESTACAS DE MADEIRA