

Management of Mechanical Vibration and Temperature in Small Wind Turbines Using Zigbee Wireless Network

A. D. Spacek, O. H. Ando Junior, J. M. Neto, V. L. Coelho, M. O. Oliveira, V. Gruber and L. Schaeffer

Abstract— This paper presents the development of a methodology to manage the mechanic vibration and temperature from Small Wind Turbine (SWT). The objective with this research is propose a new diagnostic and protection tool through analysis and monitoring signals of vibration and temperature from wind turbines, aiming predict a need of preventive maintenance and mostly avoids catastrophic failures. For this feature the system will be composed of a Triple Axis accelerometer who will identify vibration, thermocouples to identify the temperatures at critical points of wind turbine, a microcontroller hardware which will make acquisition and processing of signals from sensors and finally a wireless transmission system using technology ZigBee. The post processing is performed remotely through a computer that receives the data submitted via wireless network presenting them to the user via graphical interface. The software of User friendly interface will have the functionality plus online display of received data also the possibility of storing and reporting data rates of vibration and temperature obtained during monitoring. Finally featuring the prototype of the hardware and software as well as some results obtained in experimental scale.

Keywords— Instrumentation, Mechanic Vibration, Temperature Monitoring, Wireless.

I. INTRODUÇÃO

A ENERGIA eólica provém da radiação solar uma vez que os ventos são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. A energia dos ventos é influenciada por diferentes aspectos destacando-se a altura, a velocidade média, a rugosidade, os obstáculos e o relevo. O seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou moinhos, para trabalhos mecânicos. A energia eólica é utilizada há milhares de anos para o bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise

internacional do petróleo (década 70), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial.

Avanços tecnológicos recentes têm reduzido custos, melhorando o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. Os custos dos equipamentos, que era um dos principais entraves, para seu aproveitamento comercial, reduziu-se significativamente nas últimas duas décadas.

Atualmente, existem mais de 30.000 turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, com capacidade instalada da ordem de 13.500 MW. No âmbito do Comitê Internacional de Mudanças Climáticas, está sendo projetada a instalação de 30.000 MW, por volta do ano 2030, podendo tal projeção ser estendida em função da perspectiva de venda dos "Certificados de Carbono".

No Brasil, a capacidade instalada no Brasil é de aproximadamente 180 MW, com turbinas eólicas de médio e grande porte conectadas à rede elétrica. Além disso, existem dezenas de turbinas eólicas de pequeno porte funcionando em locais isolados da rede elétrica para as mais diversas aplicações [1].

II. AEROGERADORES DE PEQUENO PORTE

A necessidade de fornecimento de energia elétrica aumenta com o crescimento da população e também com a evolução humana que cada vez mais desenvolve tecnologia para seu próprio benefício e comodidade. O constante apelo à minimização dos impactos ambientais e a redução de gases de efeito estufa resultam cada vez mais na expansão do uso das fontes alternativas ampliando a oferta de energia e diversificar a matriz energética brasileira. Destacando-se a inclusão da geração eólica por ter baixo impacto ambiental bem como o regime dos ventos possuírem características complementares ao regime das chuvas [1].

Por definição a geração eólica é a geração de energia elétrica através de turbinas eólicas ligadas a geradores que convertem a energia cinética dos ventos para energia mecânica através do deslocamento das pás e consequente giro do rotor [2]. Os aerogeradores são classificados de acordo com seu porte conforme suas características dimensionais e elétricas conforme demonstrados na Tabela I [3].

A. D. Spacek, Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade SATC, Criciúma, Santa Catarina, Brasil, anderson.spacek@satc.edu.br.

O. H. Ando Junior, Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade SATC, Criciúma, Santa Catarina, Brasil, osvaldo.junior@satc.edu.br.

J. M. Neto, Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade SATC, Santa Catarina, Brasil, joao.neto@satc.edu.br.

V. L. Coelho, Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade SATC, Criciúma, Santa Catarina, Brasil, vilson.coelho@satc.edu.br.

M. O. Oliveira, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, moliveira@ece.ufrgs.br.

L. Schaeffer, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, schaeffer@ufrgs.br.

TABELA I.
CATEGORIAS DE AEROGERADORES

Classe	Diâmetro do rotor(m)	Altura do Cubo(m)	Potência (kW)	Aplicação
Aerogerador Industrial	>45	>50	>45	Geração
Aerogerador Médio	<45	<50	<45	Geração
Aerogerador Pequeno	<20	<35	<20	Uso doméstico/ Geração
Mini Aerogerador	<15	<25	<15	Uso doméstico
Micro Aerogerador	<3	<10	<3	Uso doméstico

III. VIBRAÇÃO MECÂNICA E TEMPERATURA

Máquinas girantes ideais transformam toda sua energia em trabalho, não produzindo nenhum tipo de energia destrutiva. Entretanto, a interação de vários elementos de uma máquina em regime cíclico culmina na dissipação de energia em forma de vibração, ruído ou temperatura [4]. Monitorar a vibração de uma máquina significa aumentar o rendimento e principalmente prolongar a vida útil da mesma, uma vez que a vibração provoca o desgaste e a aceleração da ocorrência de falhas.

Existem diferentes métodos consolidados para avaliação da vibração mecânica, estes métodos são utilizados conforme a instrumentação utilizada e ou algoritmo implementado, podendo ser: medição de vibração global; medição de vibração com análise de frequência; e medição de vibração com análise de frequência por transformada de Fourier [4].

A Medição de vibração global é a medida em uma larga faixa de frequência (pico ou eficaz), sendo que a resposta da medição é o valor resultante de vibração em todas as frequências contidas no espectro analisado [4]. O valor global obtido é comparado a padrões e critérios de severidade definidos por normas, diagnosticando a necessidade de manutenção. A NBR10082 que serve como base para especificação e padronização de avaliação de vibração mecânica de máquinas com velocidades de operação de 600 a 1200 RPM estabelece faixas de severidade de vibração com base na velocidade eficaz de vibração em mm/s^2 [5].

Aplicações práticas mostram que as componentes de frequência até 1kHz, um aumento de 2,5 vezes (8dB) é considerado uma alteração significativa na condição da máquina, sendo necessária a averiguação. A mesmas experiências práticas demonstram ainda que aumentos de 10 vezes (20dB) tomando como base uma condição de referência, significa necessidade de intervenção imediata para evitar falhas catastróficas [5].

A tabela II apresenta a faixa de severidade de vibração conforme a classe de máquinas, sendo as máquinas pequenas (classe I), máquinas de tamanho médio (classe II), máquinas grandes (classe III) e turbomáquinas (classe IV) [5].

Além da vibração, outra preocupação é de manter a temperatura de operação de um gerador dentro dos padrões definidos em projeto, isso significa prolongar a vida útil da máquina tendo em vista que as temperaturas muito baixas

geram problemas pela excessiva condensação dentro do gerador além da formação gelo nos mancais provocando endurecimento de graxas e lubrificantes. As temperaturas elevadas por sua vez geram sobrecargas nos enrolamentos, e superaquecimento nos mancais, fluidos refrigerantes e lubrificantes [6].

TABELA II.
FAIXAS DE SEVERIDADE DE VIBRAÇÃO

Faixas de severidade de vibração		Exemplos de avaliação de qualidade para classes diferentes de máquinas			
Faixa	Velocidade (mm/s) nos limites da faixa	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
0,28	0,28	A	A	A	A
0,45	0,45				
0,71	0,71				
1,12	1,12	B	B	B	B
1,8	1,8				
2,8	2,8	C	C	C	C
4,5	4,5				
7,1	7,1	D	D	D	D
11,2	11,2				
18	18				
28	28				
45	45				
71	71				

IV. ACELERÔMETRO

O acelerômetro converte a energia do movimento em sinal elétrico ou seja, conforme a variação de aceleração um sinal elétrico é gerado no eixo correspondente. Este sinal elétrico gerado pelo acelerômetro é correspondente à variação em termos de aceleração da gravidade (g) através de uma escala analógica em Volts (V) [7]. O funcionamento de um acelerômetro (Fig. 1) é baseado no princípio da micromáquina capacitiva, ou seja, conforme a força exercida nos eixos do acelerômetro haverá uma alteração da capacitância e consequentemente esta variação será refletida no sinal de saída [7].

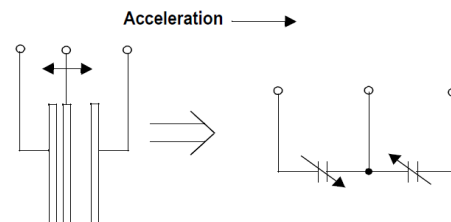


Figura 1. Modelo Físico de um Transdutor Genérico [7].

V. TERMOPARES

Os termopares são sensores de temperatura que apresentam em seus terminais, um sinal analógico de tensão em milivolts gerado pelo efeito Seebeck derivado do comportamento termoelétrico de alguns materiais. O efeito Seebeck deriva de Thomas J. Seebeck que em 1821 observou que um circuito fechado formado por dois metais diferentes, é percorrido por uma corrente elétrica quando suas junções são submetidas a uma diferença de temperatura [8].

Ao longo do tempo tem-se combinado diferentes elementos termoeletrônicos com o objetivo de obter sensores que possam medir com a maior precisão possível, temperaturas cada vez mais altas. Apesar de existirem diversos tipos de combinações termelétricas, atualmente o que o mercado disponibiliza de forma seriada, são os termoelementos ou termopares apresentados na Tabela III.

TABELA III.
TIPOS DE TERMOPARES E FAIXA DE UTILIZAÇÃO

Nomenclatura IEC 584-2	Faixa de Utilização
Composição	
Termopar Tipo T COBRE – CONSTANTAN Cobre(+)/Cobre – Níquel(-)	-200 a 350°C
Termopar Tipo J FERRO - CONSTANTAN Ferro(+)/Cobre-Níquel(-)	-40 a 750°C
Termopar Tipo E CHROMEL – CONSTANTAN Níquel-Cromo(+)/Cobre-Níquel(-)	-200 a 900°C
Termopares Tipo K CHROMEL – ALUMEL Níquel-Cromo(+)/Cobre-Alumínio(-)	-200 a 900°C
Termopares Tipo R 87%Platina-13%Ródio(+)/Platina(-)	0 a 1600°C
Termopares Tipo S 90%Platina-10%Ródio(+)/Platina(-)	0 a 1600°C
Termopares Tipo B 70%Platina-30%Ródio(+) 94%Platina-06%Ródio(-)	600 a 1700°C
Termopares Tipo N Níquel-Cromo-Silício(+)/Níquel-Silício (-)	200 a 1200°C

VI. TECNOLOGIA WIRELESS

A transmissão remota de dados pode ser realizada por diversas vias, sendo elas com ou sem utilização de meio físico. A comunicação sem cabos ou fios utilizando ondas eletromagnéticas como meio de propagação de dados entre dois pontos ou dispositivos é conhecida com sistema de transmissão sem fio – *wireless*. Existem várias tecnologias de transmissão de dados sem fio, sendo que cada uma tem as suas particularidades, limitações, vantagens e desvantagens. As diferentes tecnologias mencionadas são especificadas de acordo com a abrangência (Fig. 2), frequências, taxas de transmissão e aplicações [9].

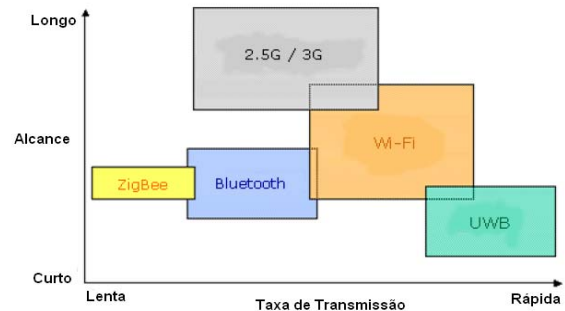


Figura 2. Tecnologias e alcance das redes *wireless* [9].

VII. O PADRÃO WIRELESS ZIGBEE (IEE 802.15.14)

A tecnologia ZigBee é desenvolvida pela ZigBee™ Alliance, e trata-se de uma malha ZigBee que apresenta vários percursos entre cada dispositivo, permitindo desviar de um possível ponto de falha, através do “zig” e “zag” da informação pela rede. O nome deste protocolo é uma analogia com a organização das abelhas que além de viverem em colméias, voam em zigue-zague possibilitando assim informar aos demais elementos da comunidade a direção e localização dos alimentos [10].

O protocolo ZigBee opera em bandas de rádio que estão isentas de licenciamento, estas bandas globalmente, correspondem à banda de 2.4GHz e ainda às bandas de 915Mhz (Estados Unidos) e 868 MHz (Europa). O protocolo ZigBee pode operar em três topologias diferentes [10]. Diversas são as aplicações do protocolo ZigBee como por exemplo na área residencial, industrial, médica, entre outras conforme Fig. 3.



Figura 3. Aplicações da Rede ZigBee [11].

A. Topologias de Rede ZigBee

Os módulos de comunicação ZigBee assumem comportamentos distintos conforme sua configuração:

- **ZC – ZigBee Coordinator:** Quando o módulo é responsável por toda a comunicação como a inicialização, atribuição de endereços, manutenção e reconhecimento de toda a rede além de outras funções.
- **ZR – ZigBee Router:** Quando o módulo é utilizado basicamente como um responsável pela função de roteamento e repetição da comunicação. Neste caso estes dispositivos são implementados nos nós de comunicação.
- **ZigBee End Device:** Quando o módulo é responsável pela ligação aos sensores e atuadores. Neste caso o

dispositivo irá ler a informação dos sensores e/ou chavear os atuadores a partir de comandos recebidos.

Os módulos Zigbee podem interagir entre si de três formas diferentes, ou seja, são três os tipos de topologias existentes para este tipo de rede.

- Topologia *Cluster Tree* – Neste tipo de topologia, o ZC assume o papel de nó mestre e comunica-se com os ZEDs ou através do ZRs, possibilitando um incremento na distância de comunicação tendo em vista que o ZR servirá como repetidor da informação que chegará ao ZED. Este tipo de topologia é ideal para aplicação em locais com necessidade de comunicação a distâncias maiores.
- Topologia *Star* – Neste tipo de topologia, o ZC é o nó mestre e comunica-se com quantos nós ZED forem necessários. É o tipo de topologia mais simples e sua aplicação é limitada a campos abertos ou locais com poucos obstáculos.
- Topologia *Mash* – Este tipo de topologia é ideal para aplicações que necessitam de comunicação em extensa faixa territorial e principalmente de continuidade na comunicação. O ZC comunica-se com os ZR ajustando automatizante e organizando-se de modo a otimizar o tráfego dos dados permitindo que mesmo com a ausência temporária de algum dispositivo, a comunicação não seja interrompida.

VIII. MODELO PROPOSTO

O sistema desenvolvido é composto por um acelerômetro fazendo a aquisição do sinal de vibração e um termopar tipo J fazendo a aquisição de temperatura do aerogerador, estes sinais são processados por uma placa microcontrolada que transmite os dados via ZigBee para um computador remoto onde está instalado o software aplicativo. A Fig. 4 apresenta o funcionamento simplificado do sistema.

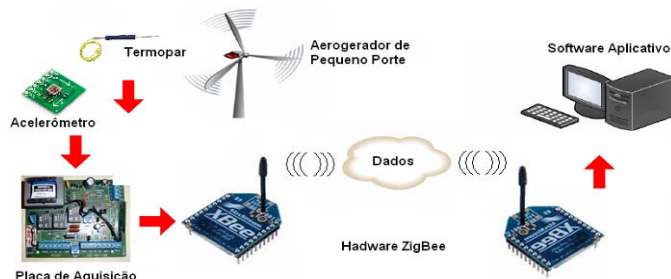
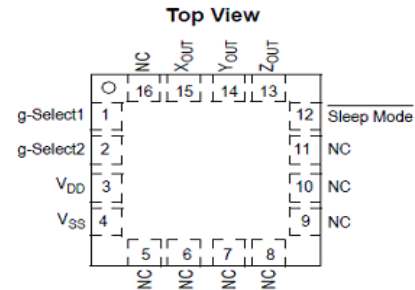


Figura 4. Modelo Desenvolvido.

A. Medição de Vibração

Para a medição da vibração o componente utilizado é o acelerômetro triaxial MMA7260Q da FREESCALE (Fig. 5), que possui as seguintes características:

- Range ajustável: 1,5g/2g/4g/6g
- Aceleração Máxima: +/- 2000g
- Sensibilidade: 800mV/g @ 1,5g;
- Tensão de alimentação: 3,6 Vcc.



Pin No.	Pin Name	Description
1	g-Select1	Logic input pin to select g level.
2	g-Select2	Logic input pin to select g level.
3	V _{DD}	Power Supply Input
4	V _{SS}	Power Supply Ground
5 - 7	N/C	No internal connection. Leave unconnected.
8 - 11	N/C	Unused for factory trim. Leave unconnected.
12	Sleep Mode	Logic input pin to enable product or Sleep Mode.
13	Z _{OUT}	Z direction output voltage.
14	Y _{OUT}	Y direction output voltage.
15	X _{OUT}	X direction output voltage.
16	N/C	No internal connection. Leave unconnected.

Figura 5. Pinagem do acelerômetro triaxial MMA7260Q [7].

B. Medição de Temperatura

Para a medição de temperatura foi escolhido o termopar tipo J (Ferro- Constante) por suas características de baixo custo e boa linearidade como apresentado na Fig. 6. Tendo em vista que o acelerômetro utilizado três canais analógicos, e que o hardware neste caso disponibiliza oito canais, o equipamento está preparado para receber ainda mais cinco termopares.

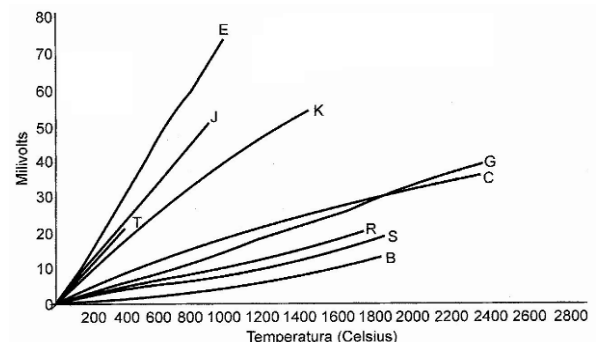


Figura 6. Curvas de Temperatura dos Termopares [8].

C. Comunicação sem Fio

Para a transmissão dos dados o módulo de comunicação é o MÓDULO XBee-Pro™IEEE (Fig. 7) 802.15.4, que possui as seguintes características:

- Coordenador/Dispositivo final;
- Antena FIO;
- Frequência de operação: ISM 2,4 GHz;
- Alcance em áreas internas ou urbanas: 100m;
- Alcance em linha de visão (em campo aberto): 1,6Km.

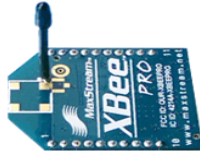


Figura 7. Módulo XBee-Pro™ IEEE 802.15.4 [11].

D. Descrição do Funcionamento

O acelerômetro e o termopar fazem a aquisição do sinal de vibração e temperatura respectivamente, convertendo-os para sinais elétricos analógicos, estes sinais são lidos e condicionados pelo *hardware* que posteriormente os envia através da porta serial do microcontrolador. O pacote de dados enviados pela serial é lido pelo módulo ZigBee que por sua vez retransmite-os via wireless sendo captado pelo outro módulo que encontra-se acoplado à porta USB do computador.

Após a recepção do sinal pelo computador, o supervisorio executa o algoritmo que primeiramente separa o pacote de dados recebidos e posteriormente os apresenta. A *interface* de visualização dos resultados apresenta gráficos de tendência que plotam as medições de cada eixo do acelerômetro, bem como dos termopares individualmente apresentando ao usuário uma visualização simples rápida possibilitando ao operador, a imediata tomada de decisão. A *interface* ainda disponibiliza um diagnóstico instantâneo baseado em limites fornecidos pelo próprio usuário, e botões de comando para bloquear e liberar o aerogerador atuando diretamente no *hardware*. Para tornar o *software* ainda mais versátil, foram incorporadas funções de armazenamento e consulta de dados históricos que permite o monitoramento da evolução das falhas permitindo a aplicação de técnicas de manutenção, que a facilitam programação de paradas reduzindo assim os custos operacionais, além de outras vantagens.

IX. RESULTADOS

O sistema em questão encontra-se em fase final de desenvolvimento do protótipo (Fig. 8), faltando ainda o cumprimento das etapas de aferição do sistema e validação dos resultados em uma aerogerador real. A etapa de calibração (próxima etapa) será feita através de comparação com medidores já existentes no mercado onde serão implementadas as correções necessárias para tornar o sistema preciso. A finalização do projeto ocorrerá com o término da etapa de validação onde o sistema será aplicado em uma máquina real de geração eólica de pequeno porte.

Os testes iniciais foram realizados através da medição de um motor elétrico onde foi simulada uma condição desbalanceamento, esta simulação permitiu a obtenção de valores que servem para aproximação e constatação de funcionamento do sistema desenvolvido.

A seguir é apresentada a tela de monitoração do supervisorio com os valores obtidos da simulação (Fig. 9 e Fig. 10).

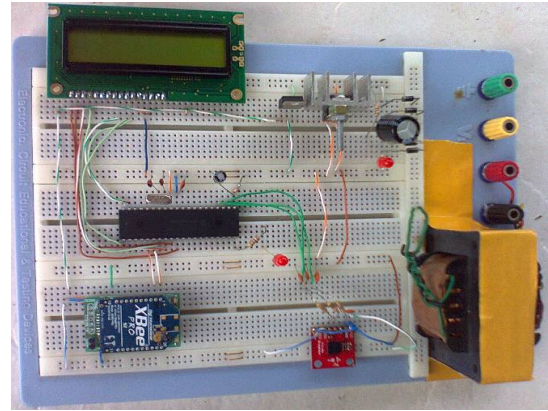


Figura 8. Protótipo do Hardware.

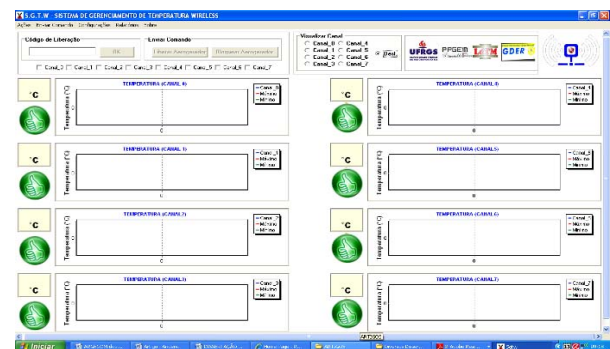


Figura 9. Tela do Monitoramento de Temperatura.

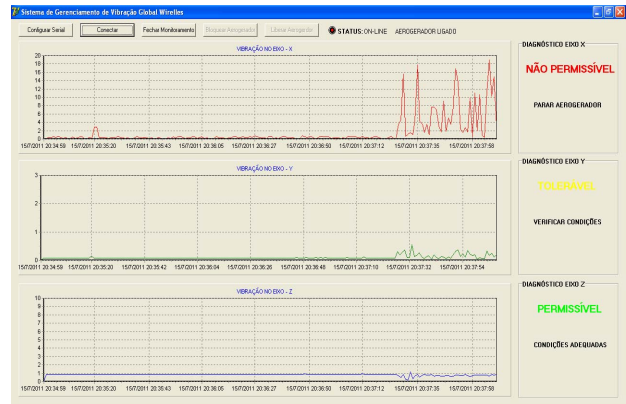


Figura 10. Tela de Monitoramento de Vibração.

X. CONSIDERAÇÕES FINAIS

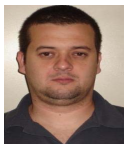
O sistema proposto possibilita o gerenciamento da vibração mecânica bem como a elevação da temperatura do aerogerador utilizando a metodologia desenvolvida. O *software* permite a interatividade do usuário com o sistema proposto através de uma interface gráfica amigável, auxiliando na tomada de decisão a fim de evitar efeitos catastróficos que a vibração em regime cíclico (efeito de ressonância) e temperatura excessiva dos enrolamentos e acoplamentos mecânicos girantes (Efeito Joule) podem causar aos pequenos aerogeradores.

O foco deste projeto é o desenvolvimento de um sistema eficaz e robusto, de fácil operação e principalmente de baixo

custo que permita gerenciar os indicadores de vibração e de elevação de temperatura visando maximizar a vida útil dos aerogeradores contribuindo para o incremento da confiabilidade e melhoria da qualidade de energia elétrica. A fim de se obter um sistema com as especificações mencionadas utiliza-se no desenvolvimento deste projeto novas tecnologias que o tornam inovador quanto à aplicação comparado ao que existe mercado principalmente quanto à medição de vibração nos três eixos utilizando um único sensor triaxial bem como a utilização da de tecnologia Zigbee.

REFERÊNCIAS

- [1] J. A. H. Haffner and O. H. Ando Junior, "O setor elétrico como ferramenta estratégica de gestão governamental", Caesura (ULBRA), 2010.
- [2] O. Lütz, "Situação, necessidade de desenvolvimento, concepção de configuração e perspectivas de aerogeradores de pequeno porte a serem utilizados no Brasil", 2006. 149f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Minas, Metalurgia e Materiais, UFRGS, Porto Alegre, 2006.
- [3] K. P. Lehmann and D. Koenemann, "Die Chancen der Kleinen; Revista Sonne, Wind & Wärme", 23 f., Junho 2005.
- [4] TeknikaoO (Brasil). J. L. Marra. "Apostila de Medida de Vibração". São Paulo, 2011. 16f. Disponível em: <<http://www.teknikao.com/>>.
- [5] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brasil). "NBR10082: Vibração Mecânica de Máquinas com Velocidades de Operação de (600 a 12000) rpm - Bases para Especificação e Padrões de Avaliação", 1987.
- [6] WEG (Brasil). "Manual DT-5 Características e especificações de geradores", Jaraguá do Sul, 2012. 66f. Disponível em: <<http://www.weg.net/br/Produtos-e-Servicos/Geral/Central-de-Downloads/>>
- [7] FREESCALE (Usa). "±1.5g - 6g Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer", Arizona, 2005. 8f. Disponível em: <<http://www.freescale.com/>>
- [8] D. Thomazini and P. U. B. Albuquerque, "Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações", editora Érica, 4ªed, 222f., 2007.
- [9] V. Gruber, "Sistema de Monitoramento Remoto Baseado em Rede de Celular GSM/GPRS para Gerenciamento de desgaste de Pastilha de Freio e Vibração da Torre em Aerogeradores", 2007. 78f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Minas, Metalurgia e Materiais, UFRGS, Porto Alegre, 2007.
- [10] A. T. Silva, "Modulo de Comunicação Wireless para Sensores", Porto: 2007. 84f. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/~ee02055/RelatorioTEC15.pdf>>.
- [11] A. R. Messias, "Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4)", Disponível em: <<http://www.rogercom.com/>>.



Anderson Diogo Spacek possui graduação em Tecnologia em Automação Industrial pela Universidade do Extremo Sul Catarinense e mestrado em Engenharia, titulado pelo (PPGE3M/UFRGS) Programa de Pós-Graduação em Eng Minas, Metalúrgica e Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atua como educador da Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC) desde 2002. Tem experiência na área eletroeletrônica e de automação.



Oswaldo Hideo Ando Junior graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Luterana do Brasil com Especialização em Gestão Empresarial pela Universidade Luterana do Brasil e Mestrado em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área Acadêmica como Professor do Curso de Engenharia Elétrica e Escola Técnica, com ênfase em Conversão de Energia, Eletricidade, Eletrônica, Metrologia, Qualidade da Energia Elétrica e Sistemas Elétricos de Potência. Atuando principalmente nas áreas: gestão energética, projeção de demanda, máquinas elétricas, levitação magnética, estudo de campos magnéticos e qualidade da energia elétrica.



João Mota Neto possui graduação em Tecnologia em Automação Industrial pela Universidade do Extremo Sul Catarinense e mestrado em engenharia mecânica pela UFRGS. Atualmente professor tempo integral dos cursos de graduação de engenharia elétrica e tecnologia em automação industrial na Faculdade SATC Desenvolvendo atividades de pesquisa nas áreas de eficiência energética, instrumentação, eletrônica e automação. Vinculadas aos segmentos industriais de carvão mineral, revestimentos cerâmicos e metal mecânica Possui experiência na área de engenharia elétrica, atuando na elaboração e execução de projetos industriais com ênfase em automação.



Wilson Luiz Coelho possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1979), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2005) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010). Atualmente é pesquisador da Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo, engenheiro - Power Electric Ltda e professor da Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão da Energia Elétrica, Distribuição da Energia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: descarga atmosférica, redes de distribuição, proteção, pára-raios e nível de isolamento.



Mario Orlando Oliveira nasceu na cidade de Capióvi, Misiones, Argentina, em 13 de Maio de 1979. Recebeu o título de Engenheiro Eletromecânico pela Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Argentina, em 2005 e Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brasil, em 2009. Atualmente é pesquisador no Centro de Estudios de Energia para el Desarrollo (CEED) e professor Auxiliar na UNaM. Suas principais áreas de pesquisas são: proteção e modelagem de máquinas elétricas, detecção e localização de faltas em sistemas elétricos.



Wilson Gruber Graduado em Processamento de Dados pela Universidade de Santana - São Paulo (1996), especialização em Gestão de Negócios em Telecomunicações da Escola de Business Paulista - São Paulo (2000), especialização em Psicologia da Educação da Universidade Castelobranco, Rio de Janeiro (2006) especialização em Gestão de Projetos pela Faculdade SATC, Criciúma (2010), Doutorado em Engenharia de Minas Metalurgia e Materiais, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre (2007). Atualmente é professor / pesquisador da Universidade Federal de Santa Catarina. Ele tem experiência em Sistemas de Telecomunicações, Redes de Computadores atuando nos seguintes temas: Redes e Telemóveis, Projetos, Sistemas Embarcados, Sistemas Digitais, Experimentação Remota de Acessibilidade e Tecnologia, Sistemas de Informática e Inclusão Digital.



Lirio Schaeffer doutorado em Conformação Mecânica - Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule/Aachen (1982). Desde 1976 é Professor na universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS e Professor titular - Departamento de Metalurgia. Atualmente é consultor ad hoc da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, consultor do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Consultor da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Processos de Fabricação por Conformação Mecânica, atuando principalmente nos seguintes temas: forjamento, estampagem, metalurgia do pó, materiais biomédicos e materias para energias alternativas."