

ESTUDO SOBRE A GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM USINAS EÓLICAS

EDERLEI SARVELI DE OLIVEIRA¹

VICENTE DE LIMA GONGORA²

SAULO AGUIAR SAES³

Resumo

A busca por adoção de energias alternativas mais limpas para a geração de energia tem aumentado nas últimas décadas e a energia eólica está entre aquelas em que tem despertado interesse devido ao seu grande potencial técnico de produção. Nesse contexto, um passo importante para o desenvolvimento do setor eólico, consiste em um bom desempenho de uma usina eólica em pleno funcionamento, e para isso é necessário à eficácia e a eficiência de seu programa de manutenção e operação. O trabalho realizou uma revisão bibliográfica, e propôs como objetivo principal a análise de um plano de manutenção que consiste basicamente de três fases: a manutenção corretiva, a preventiva e de monitoramento. Avalia a importância de um projeto eficiente de gestão da manutenção em uma usina eólica, além das vantagens em se manter tal projeto, já que um bom programa de gestão de manutenção e operação, por meio da utilização de ferramentas adequadas, promove bons resultados em relação à qualidade dos serviços prestados com custos reduzidos. Ainda apresenta a relevância de programas que busquem por produtos e sistemas de alto desempenho, que possam prever e minimizar falhas e mantenham a confiabilidade de dados coletados, permitindo o planejamento da manutenção. Desta forma é possível evitar a interrupção da geração de energia por paradas constantes dos equipamentos, programando

¹ Graduação – Tecnólogo em Manutenção Industrial, Faculdades da Indústria Senai Londrina. E-mail: eder.lei@hotmail.com

² MS.c Vicente de Lima Gongora, – Faculdades da Indústria Senai Londrina. E-mail: vicente.gongora@pr.senai.br

³ Mestrando em Engenharia Mecânica, UNESP - Bauru, saulo.saes@fiepr.org.br

essas em épocas de baixos regimes de ventos, e não comprometendo a continuidade e qualidade dos serviços. Os estudos ainda apontam a importância do desenvolvimento de *softwares* que podem auxiliar e potencializar a precisão de dados coletados dos equipamentos em uso em usinas eólicas, facilitando posterior análise científica dos mesmos.

Palavras-chave: Energia eólica. Gestão da manutenção. Ferramentas da manutenção.

1 INTRODUÇÃO

Frente a grande demanda energética, especialmente no setor de energia elétrica, para oferta de eletricidade, um bom planejamento é hoje uma das estratégias fundamentais para o desenvolvimento tanto de uma região como de um país (Scielo, 2007), capaz de identificar alternativas mais adequadas, como as fontes alternativas para geração de energia, para atender a demanda social considerando a realidade de cada região. Além de permitir a utilização de fontes de energia renováveis, como a solar e a eólica, que satisfaçam as necessidades locais, contribuem para o setor energético de todo o país.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, e a Associação Brasileira de Integração e Desenvolvimento Sustentável, fontes de energia menos poluentes, renováveis e que produzam um menor impacto ambiental tornaram-se fundamentais para um desenvolvimento sustentável que não degrade ainda mais o meio ambiente. Estudos e projetos na área de energia limpa, como a energia solar, eólica, de biomassa, das marés, passam a analisar a viabilidade do uso de fontes renováveis, impacto ambiental e

custos operacionais, ressaltam os aspectos mais importantes a serem considerados na busca por um modelo de desenvolvimento humano sustentável.

Quando se fala em fontes de energia renováveis são aquelas em que a sua utilização e uso são renováveis, como a energia dos ventos, a energia solar, podendo se manter e ser aproveitadas ao longo do tempo sem a possibilidade de esgotamento (Portal Energia, 2015).

No Brasil, a grande fonte de energia elétrica ainda é a hidráulica (Aneel, 2016), mas devido a grande demanda por energia e os irregulares ciclos de alimentação dos rios pelas chuvas, é necessário o desenvolvimento de fontes alternativas de energia. Como fonte de energia alternativa, projetos na área de produção de energia eólica, por exemplo, já vêm sendo implantados há alguns anos, tanto para a operação em paralelo com sistemas elétricos, onde turbinas eólicas operam como fonte de apoio ao sistema, quanto para suprimento de áreas mais isoladas (Centro de Energia Eólica, Rossi e Oliveira, 2016).

O crescimento do aproveitamento da energia eólica tanto a âmbito nacional como internacional e a necessidade da divulgação de maiores informações técnicas relativas ao tema torna necessário o desenvolvimento de um estudo sobre a gestão da manutenção em uma usina eólica, buscando a melhor maneira de realizar a manutenção dos sistemas de geração de energia eólica. A proposta desse trabalho tem como objetivo principal, o desenvolvimento de um estudo sobre como é realizada a gestão da manutenção em uma usina eólica, oportunizando conhecer o que já foi desenvolvido por outros pesquisadores, como Bonifácio (2005), Castro (2006), Oliveira (2013), Oliveira (2015), entre outros.

Dentro de tal contexto, a manutenção surge contribuindo de forma significativa para a qualidade na prestação de serviços de geração de energia, além de promover o aprimoramento dos sistemas de administração responsáveis por manter a eficiência e a eficácia do trabalho prestado, considerando os aspectos climáticos da região, e os aspectos operacionais (monitoramento e inspeção). A estratégia de manutenção deve estar alinhada com as metas de competitividade e sobrevivência das empresas, adequando os custos, a entrega do serviço prestado, a segurança e a preservação do meio ambiente (Castro, 2006).

O estudo da gestão da manutenção em usinas eólicas torna-se então fundamental, reunindo informações sobre o conjunto de técnicas e informações que poderão ampliar os conhecimentos para a execução da manutenção adequada, ou seja, ajustada para cada equipamento em uso, seguindo um planejamento eficiente de rotinas corretivas, preventivas, de reparações e inspeções, em equipamentos que compõem o conjunto dos geradores eólicos, além de adoção de medidas de monitoramento.

Um bom desempenho para uma usina de energia eólica em pleno funcionamento consiste em uma boa gestão do seu programa de manutenção e também de operação (Oliveira, 2015). Desta forma, torna-se necessário verificar como é realizado o processo de manutenção industrial, bem como suas etapas e periodicidade. Também, é importante avaliar o custo e a mão de obra especializada, entre outros fatores, apresentando os desenvolvimentos mais recentes sobre o tema, partindo de conceitos mais genéricos para os mais específicos, que servirão para análise de prevenção e correção de falhas na geração da energia eólica.

Este trabalho apresenta um estudo sobre a manutenção em uma usina eólica, bem como a utilização das ferramentas da gestão da manutenção industrial, buscando um conjunto de ações que determinam a possibilidade de um custo mínimo em todas as etapas dos processos, assegurando acima de tudo, a qualidade no que tange o serviço de geração de energia.

Motivado pelo crescente consumo de energia, e a busca por fontes renováveis, apresenta as fontes eólicas como uma alternativa viável, considerando as condições climáticas de determinadas regiões brasileiras e também de programas de incentivo, como o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA) (Oliveira; 2015). Ainda da necessidade de maiores informações técnicas relativas ao tema, contribui para um aprofundamento em adoção de energias alternativas e desenvolvimento sustentável. Existem vários artigos científicos que fornecem embasamento necessário para esse trabalho.

Fonseca (2010) desenvolveu um trabalho no âmbito da Manutenção de Sistemas de Geração de Energias Renováveis utilizando redes IP (Internet Protocol), que consiste no principal protocolo de comunicação da internet, com ênfase na Geração Eólica. Foi proposto um modelo de *software/hardware* e uma arquitetura que permitem a implementação de soluções através da medição remota de várias variáveis de controle. O resultado foi à análise de séries temporais utilizadas ao longo do presente trabalho. Vários métodos documentados na literatura foram expostos, apresentando as modificações introduzidas com obtenção de bons resultados.

Por sua vez, Silva (2004), desenvolveu um trabalho semelhante, no qual a ênfase se deu na modernização dos sistemas de manutenção, no qual mostra que o setor de manutenção tenha um gerenciamento estruturado a

partir de um conjunto de práticas de manutenção bem definidas e sólidas. Uma manutenção gerenciada adequadamente contribui para qualidade e produtividade do produto e minimiza os custos de produção.

De forma semelhante, Bonifácio (2005), apresenta em destaque a manutenção industrial, a busca constantemente do melhor resultado operacional e agora deve também buscar os mesmos resultados para as questões ambientais. Assim, verificam-se as possíveis relações entre os investimentos aplicados e os resultados operacionais e ambientais obtidos pela manutenção industrial nos últimos oito anos.

O trabalho de Silva (2004) trata da manutenção em uma indústria automotiva e o trabalho de Inácio (2010), apresenta outras formas de energia renováveis. Por fim o trabalho de Bonifácio (2005) trata da manutenção de uma forma ampla. Já o trabalho que será desenvolvido além da manutenção de uma forma geral tem como foco a gestão da manutenção em usinas eólicas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A energia eólica no Brasil

Segundo a Associação Brasileira de Integração e Desenvolvimento Sustentável (ABIDES, 2016), o Brasil é um dos dez maiores investidores em energia renovável do mundo. A agência ambiental da ONU divulgou que no ano de 2015, investimentos em escala global, atingiram a marca histórica de 286 bilhões de dólares.

No Brasil, recursos para a energia solar chegaram às centenas de milhões, alcançando o valor de 657 milhões de dólares, mas foi à energia eólica, que dominou o mercado de investimentos chegando a 5,7 bilhões em recursos (ABIDES, 2016).

O ano de 2015, além de quebrar recordes em recursos em energias sustentáveis, também foi o ano em que os países em desenvolvimento investiram mais em energia limpa do que aqueles mais desenvolvidos, e o Brasil estão entre os dez maiores investidores do mundo (ABIDES, 2016).

Segundo a *Scientific Electronic Library Online* (SciELO, 2013) O Brasil foi o país pioneiro na América Latina a instalar um aerogerador, no início da década de 1990. Durante os dez anos seguintes, porém, pouco se avançou na consolidação da energia eólica como alternativa de geração de energia elétrica no país, em parte pela falta de políticas, mas especialmente pelo alto custo da tecnologia. Em 2001 foi lançado o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, que estimou em 143 GW a potência tecnicamente aproveitável do Brasil (Cepel, 2001). Segundo o inventário, as principais regiões para o aproveitamento do recurso eólico são Nordeste, Sudeste e Sul, que junto correspondem a cerca de 90% de todo o potencial eólico brasileiro.

Atualmente, são utilizados aerogeradores com torres de 80 a 100 metros de altura, além de máquinas mais eficientes, e estudos mais recentes da indústria e do governo estimam em cerca de 300 GW o potencial de aproveitamento do recurso eólico no Brasil (SciELO, 2013).

O Brasil possui uma das matrizes elétricas mais renováveis no mundo. No início do segundo trimestre de 2012, a capacidade de geração de energia de fontes renováveis correspondia a 79,3%, sendo mais de 70% devido a hidrelétricas. Em 2011 as usinas hidrelétricas contabilizaram mais

de 90% da geração de eletricidade no país, além da importação de eletricidade de usinas binacionais ou de países vizinhos. No Brasil, o incentivo às energias renováveis relaciona-se com a busca pela diversificação da matriz elétrica, segurança no fornecimento de energia, incentivo ao desenvolvimento de novas indústrias e à geração de empregos (SciELO, 2013).

2.2 Potencial eólico brasileiro

O Brasil é rico em termos de recursos energéticos (ANEEL, 2013), principalmente os renováveis, pois apresenta, além de seu potencial hidráulico, solar e de biomassa, grande potencial para exploração da energia dos ventos, e é na região Nordeste, onde se concentra a maioria dos empreendimentos energéticos do país em operação, devido ao seu alto potencial. Outras regiões estão em constante evolução, dado este apresentado no quadro a seguir.

Quadro 1: Evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil.

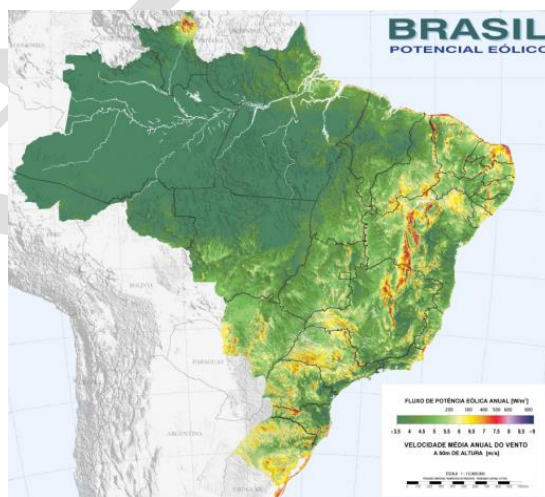


Fonte: ANEEL, 2013. Banco de Informações de Geração de Energia Eólica.

Segundo o Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB), a geração de energia elétrica a partir da energia eólica expandiu-se de forma acelerada em caráter mundial, e a falta de dados consistentes e confiáveis, torna-se um fator limitador para empreendimentos na área, já que os registros de dados disponíveis podem ser mascarados pelas influências aerodinâmica de obstáculos, relevo e rugosidade. Diante de tal panorama a tecnologia aparece para contribuir com estudos mais precisos, e investimentos na área de energia eólica tiveram papel significativo no último ano.

Outro documento importante que pode ser consultado é o atlas do potencial eólico brasileiro que tem por objetivo fornecer informações para contribuir com a tomada de decisões na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos da energia eólica. A Figura 1 mostra a velocidade média anual de vento a 50 metros de altura, a qual chega à aproximadamente 7m/s, sendo que esta média é maior em alturas maiores.

Figura 1: Mapa do potencial eólico brasileiro.



Fonte: Atlas do potencial eólico brasileiro, 2013.

2.3 Gestão da manutenção em usinas eólicas

Segundo Bonifácio (2005), Embora possam ser encontradas pesquisas acadêmicas que abordam o tema gestão industrial, poucas relacionam aspectos gerenciais tradicionais com as novas exigências principalmente ambientais e, muito menos tratam exclusivamente da Manutenção interagindo nesta relação entre os setores produtivos e o meio ambiente.

Mais especificamente, Bonifácio (2005), cita que para esta discussão inclui-se a visão da Manutenção Industrial que, embora situada na área industrial e classificada apenas como departamento de apoio, deve sempre receber atenção por parte dos gestores já que se trata do tutor de fato dos ativos da empresa e, o mais importante, é o responsável pela perfeita harmonia no processo produtivo, disponibilizando aos equipamentos o maior tempo possível para o processamento, e relacionando-se com as questões ambientais, mantendo os equipamentos e sistemas de proteção ambiental em perfeito funcionamento evitando-se desta forma a geração de passivos ambientais.

Segundo Pinto & Xavier (2001), a manutenção deve ser gerenciada através de uma administração moderna, pensando e agindo estrategicamente, sustentada por uma visão de futuro e regida pelo processo de gestão e deve contribuir efetivamente para a eficácia do processo produtivo e a satisfação plena de seus clientes.

Desta forma as atividades de manutenção são indispensáveis para o setor industrial, tendo como objetivo permitir a produção de materiais que contenham informações adequadas para a realização de manutenções em diferentes tipos de equipamentos, de forma que esta possa cumprir a sua

finalidade sem paralisações nos processos de produção, possuindo importância estratégica, Muassab (2002:16).

2.3.1 Tipos de manutenção

Os processos de manutenção são definidos conforme a NBR 5462/1994 (Confiabilidade e Manutenibilidade) os quais combinam ações ditas técnicas e administrativas, não deixando de levar em conta as ações de supervisão, em que todas são destinadas a permitir que cada componente integrante do processo possa desempenhar uma função requerida.

Assim, uma boa estrutura de planejamento e organização são as bases necessárias para uma melhor execução das atividades em qualquer setor industrial, e para o bom desempenho de uma usina eólica em funcionamento a gestão de seus programas de manutenção e também de operação, deve ser considerada.

Segundo aborda Pinto & Xavier (2001:35), várias são as possibilidades de classificar os tipos de manutenção, porém as principais são classificadas em: manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, entre outras.

•**Manutenção corretiva não planejada:** consiste no programa de manutenção em que atua no momento em que a avaria do equipamento é detectada, ou seja, quando ocorre a falha do equipamento, afirma Pinto & Xavier (2001:37). Quanto aos custos da operação, a manutenção corretiva é mais barata, porém as paradas não planejadas podem causar grandes perdas por interrupção da produção, afirma Xenos (1998:23). Assim, é comum que

se adote esse tipo de manutenção apenas para algumas partes menos críticas dos equipamentos.

•**Manutenção corretiva planejada:** aplicada quando o desempenho do equipamento é menor do que o esperado ou pela sua falha, possuindo custos mais elevados que a manutenção corretiva não planejada. Consiste no acompanhamento da manutenção preditiva ou na continuidade da operação até a quebra da máquina, afirma Pinto & Xavier (2001:38). A manutenção corretiva permite que os recursos necessários para a manutenção sejam planejados, já que tal operação de reparo ou troca de equipamentos, é esperada.

•**Manutenção preventiva:** tipo de manutenção utilizada para reduzir ou evitar as falhas nos equipamentos ou baixa no desempenho dos processos, por meio de planos previamente elaborados, afirma Pinto & Xavier (2001:39). A manutenção preventiva é considerada o coração de todas as atividades de manutenção, e envolve a execução de processos de inspeções, de reformas e troca de peças, principalmente, afirma Xenos (1998:24).

•**Manutenção preditiva:** é aquela realizada por meio de operações de monitoramento que são baseados em modificação de parâmetros de condição ou desempenho, afirma Pinto & Xavier (2001:41). O objetivo desse tipo de manutenção consiste no planejamento de processos de inspeções periódicas nos equipamentos.

Segundo Silva, 2004, os objetivos dos programas de manutenção, estão em garantir a disponibilidade e qualidade dos equipamentos e instalações necessários aos processos de produção, atendendo a continuidade da prestação dos serviços, e para que isso ocorra o serviço deverá ter confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado.

Outro ponto importante e que também deve ser empregado é a Gestão da Qualidade nos processos que fazem parte das etapas para qualquer execução de um serviço. Segundo Lobo (2010), o conceito de qualidade, nas suas mais variadas facetas, tem evoluído e torna-se mais compreensível se analisarmos a forma como tem sido entendido e aplicado, através dos tempos, nas empresas líderes mundiais.

Também define o controle de qualidade como um conjunto de técnicas e atividades de caráter operacional, utilizadas para satisfazer os requisitos da qualidade. O controle de qualidade envolve técnicas e atividades de caráter operacional com os objetivos de acompanhar (monitorar) processos e eliminar as causas de deficiência em todas as fases do ciclo de qualidade de modo a atingir eficácia econômica.

Ainda segundo Lobo, a principal finalidade de um plano de produção é orientar as estratégias das empresas e das instituições que desejam obter maior eficiência, eficácia e efetividade nas atividades orientadas para a produção e para a prestação de um serviço, a fim de comunicá-las aos níveis mais altos da organização e justificar o orçamento solicitado.

Tal plano se divide em estratégico com base na análise da situação e nas oportunidades atuais do mercado, e no plano tático englobando determinado período e definindo os tipos e quantidades de matéria-prima, modo de produção, entre outros. Desta forma, é possível obter inúmeras vantagens como detectar as oportunidades e ameaças, basear decisões em elementos concretos e duráveis, identificar pontos fortes e pontos fracos da empresa ou organização, permitir fixar objetivos, identificar cenários alternativos, eliminar os insucessos, otimizar os recursos e os resultados.

De acordo com Aguiar (2006), a sobrevivência das empresas depende da capacidade de atender às necessidades dos clientes. Para isso, elas devem ser capazes de promover mudanças rápidas, pois essas também ocorrem no mundo globalizado. E para que possam realizar tais mudanças em um tempo adequado, é preciso que tenham um sistema de gestão que as ajude a enfrentar os desafios que irão encontrar.

Tal sistema de gestão pode ser utilizado é o PDCA com foco no Gerenciamento pelas Diretrizes, dirigido para solucionar problemas que são fundamentais para a permanência das empresas no mercado de trabalho. Esse tipo de gerenciamento consiste em um Plano de longo Prazo, Plano de Médio e Plano Anual, e é o método PDCA de controle de processos ou sistemas, que as etapas são realizadas para atingir as metas necessárias à sobrevivência das empresas.

As etapas do ciclo PDCA são compostas pelo: planejamento (PLAN), no qual as metas são definidas e são determinados os métodos para alcançá-las; execução (DO), onde as pessoas são treinadas e o trabalho é executado; verificação (CHECK), na qual os efeitos do trabalho executado são verificados, avaliando os resultados obtidos em relação ao alcance da meta; ação (ACTION), que depende dos resultados obtidos, para continuar apenas a manutenção dos resultados ou se um novo ciclo PDCA deverá ser iniciado.

Nesse contexto, todo processo deve ser planejado e acompanhado, e no dia a dia da empresa a manutenção dos serviços e a manutenção da qualidade fazem a diferença na produção de bens e serviços, objetivando alcançar as metas estabelecidas e solucionando de forma rápida as mudanças necessárias para a resolução de problemas.

2.4 Análise da eficiência produtiva em sistemas de geração de energia eólica

Quando se trata da geração de energia por meio da utilização de energia eólica, ainda são necessários estudos sobre as oscilações nos aspectos climáticos da região, otimizando a disponibilidade da instalação nas épocas de máxima incidência dos ventos, ficando as atividades de manutenção e de testes quando a incidência dos ventos for baixa (Castro, 2006). Ainda segundo Castro, isso significa que os planos de manutenção devem ser ajustados às condições ambientais.

Nos sistemas modernos de geração eólica, o principal problema operacional que contribui para a limitação dos parques eólicos é a forte incidência de paradas imprevistas por manutenção, somando aos altos custos operacionais dos geradores ao longo de sua vida útil (Castro, 2006). Por isso, a importância em ajustar os planos de manutenção de uma forma a otimizá-los, garantindo a eficiência máxima das instalações nas épocas de ventos mais propícios.

Quanto ao custo operacional, são, de modo geral, três vezes superiores aos custos de manutenção de sistemas convencionais de geração de energia. Nesse contexto, existe a necessidade de investir em sistemas sofisticados de diagnósticos da condição de elementos mecânicos, como pás, redutores, geradores, entre outros, já que não é fácil a substituição e os reparos de tais sistemas, demandando ações demoradas e que interferem significativamente no ciclo produtivo do equipamento (Castro, 2006).

Nos processos de transformação da energia do vento em energia no rotor (eixo), o qual fornecerá potência elétrica à rede elétrica, os

equipamentos mecânicos consomem parte da energia disponível no rotor em perdas mecânicas decorrentes da fricção de tais componentes. Existem também perdas elétricas devido a aquecimentos de condutores (efeito Joule) e perdas indutivas nos diversos componentes do sistema elétrico entre outras perdas inerentes aos sistemas eletromecânicos necessários à transformação da potência existente no rotor em potência fornecida à rede. Quanto maior a velocidade do rotor, maior são as perdas de energia (Castro, 2006).

Assim existe a necessidade de avaliar cuidadosamente a instalação de uma central eólica, e ainda contar com uma gestão operacional adequada de forma a maximizar o aproveitamento da energia dos ventos do local e reduzir as perdas por paradas de máquinas, por velocidades reduzidas de operação e perdas de qualidade.

3 METODOLOGIA

Por meio de uma revisão de literatura, considerando trabalhos desenvolvidos nos últimos 11 anos (2005 a 2016), foram realizados levantamentos bibliográficos os quais exploraram conceitos relacionados à geração de energia por meio de fontes renováveis como a energia eólica, do potencial eólico brasileiro, da gestão de manutenção e também dos principais tipos de manutenção empregados em usinas eólicas.

Anteriormente foram citados os tipos de manutenção como a preditiva, preventiva e corretiva, que são adequados a cada processo executado diariamente em uma usina eólica. Para manutenção dos aerogeradores, a manutenção preventiva, foi citada de forma importante para os serviços executados, diminuindo a ocorrência de falhas e por vezes até as

evitando, envolvendo tarefas de inspeções diárias, troca de peças, entre outros, evitando a interrupção na geração de energia.

Outro tipo de manutenção importante é a chamada preditiva, que consiste em elaborar manutenções periódicas nos equipamentos, permitindo o monitoramento das condições dos serviços executados. Sendo assim, os conceitos teóricos apresentados foram analisados de forma a verificar que tal processo de gestão apresenta uma maior eficácia e eficiência no serviço prestado, além de reduzir custos.

Desta forma pode-se observar que a gestão de manutenção em uma usina eólica promove bons resultados como: definir estratégias para manter a qualidade nos serviços prestados com custos reduzidos, prevenção de falhas em equipamentos utilizados para a geração de energia, redução na interrupção dos processos dentro de uma usina eólica por meio de uma manutenção adequada, melhor aproveitamento de um aerogerador bem como sua conservação no que tange a vida útil do equipamento, análise da necessidade de melhorias em cada setor que compõem os processos dentro de uma indústria, e a busca por mão de obra cada vez mais qualificada, entre outros.

Por outro lado, existem dificuldades para a sua aplicação, devido à falta dessa mão de obra qualificada, e resistências em aceitar novas técnicas para a execução dos processos de manutenção por parte de funcionários mais antigos, o que pode dificultar a implantação de novos processos de gestão em manutenção.

4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Os primeiros planos de manutenção aplicados aos sistemas eólicos eram baseados em técnicas corretivas, onde as turbinas eólicas eram mantidas em operação até que acontecesse alguma avaria, o que deixou de fazer sentido à medida que tais máquinas foram crescendo em termos de potência, preço e complexidade, passando a serem implantadas inspeções periódicas (Oliveira, 2103).

De acordo com a revisão bibliográfica apresentada, e segundo Oliveira (2015), um dos passos mais importantes para um bom desempenho de uma usina de energia eólica consiste na eficácia de seu programa de gestão da manutenção e operação, e para que sejam adequados, devem estar em plena conformidade com as normas de segurança estabelecidas, antes que qualquer procedimento venha a ser realizado, e também que tais procedimentos sejam executados de forma periódica.

Ainda segundo Oliveira (2015), para o desenvolvimento de um bom plano de manutenção é necessário que sejam estabelecidos cronogramas para a sua execução, assegurando que os aerogeradores estejam sempre em funcionamento. Neste contexto existem, em termos gerais, três modelos de manutenção que podem ser adotados, e cada um deles apresentam vantagens e desvantagens, além de garantir o aproveitamento máximo da energia dos ventos, programando a manutenção para épocas em que o regime dos ventos seja mínimo.

Assim, os três modelos de manutenção que podem ser adotados são: a manutenção corretiva, utilizada depois que se tem conhecimento da avaria e esta é detectada; a manutenção preventiva, a qual compreende uma série de

inspeções ou ações de manutenção em intervalos periódicos para evitar o aparecimento de defeitos; e a manutenção preditiva, que utiliza meios de obter informações que permitem prever quando acontecerá uma avaria para, assim, poder programar uma ação de manutenção (Oliveira, 2015).

Pôde-se analisar que, em especial, a manutenção preditiva tem sido muito aplicada em aerogeradores, já que permite a análise do dano que pode ser ocasionado, a forma pela qual se planeja intervir, além de permitir estudar qual modelo deve ser utilizado para detectar as informações para prever uma avaria, as quais surgem com o passar do tempo a partir do desgaste e deterioração dos componentes que compõem os aerogeradores.

De acordo com González (2009), as avarias que se podem antecipar são aquelas que procedem de deterioração lenta. Por exemplo, reações físico-químicas, tais como: corrosão de metais, deterioração de mangueiras hidráulicas ou de polímeros por radiação ultravioleta; fadiga de materiais tais como o desenvolvimento de fissuras nas pás, eixos ou parafusos, devido a variações de tensões mecânicas.

Segundo o trabalho desenvolvido por Fonseca (2010), ainda é possível empregar a manutenção preditiva na análise das Séries Temporais para seguir a evolução das variáveis de condição como temperatura, pressão, viscosidade e módulo do espectro de frequências, por meio de Redes de IP (Internet *Protocol*). Utilizando materiais de baixo custo (como *hardwares e softwares*), e preservando a confiabilidade dos dados coletados, esses podem ser analisados permitindo prever avarias e planejar a manutenção mais adequada.

De acordo com Fonseca (2010), as técnicas tradicionais de monitoramento por meio de vibração dos componentes que compõem os

aerogeradores, mesmo com pequenas alterações, permitem a realização de uma boa manutenção. No entanto, existe uma técnica que utiliza um *software* comercial (*SWANwind*) o qual monitoriza os equipamentos por meio do som, utilizando análise em alta frequência da onda sonora emitida. Esse *software* trabalha em uma rede IP distribuída e integrada a um sistema de manutenção de monitoramento de condição. Ao invés de efetuar a análise de vibração, utiliza a análise do som para determinar, por exemplo, a possibilidade de fricção e de impactos internos na turbina ou em outros componentes do sistema de geração de energia eólica. Todos os dados são recolhidos e transmitidos para uma central aonde são tratados de forma científica. Tal procedimento permite um estudo mais preciso das avarias que podem vir a surgir nos equipamentos, prevendo falhas de médio e longo prazo.

Existem ainda sistemas que utilizam a análise de vibração dos equipamentos que constituem os aerogeradores, em especial os rolamentos, por meio da análise dos dados de entrada e saída, que são comparados a parâmetros pré-estabelecidos. A principal diferença entre tipos de sistemas é em relação à fixação dos sensores, pois enquanto os sensores de vibração devem ser fixados rigidamente com o objeto, os acústicos podem ser colocados em qualquer lugar desde que o som seja audível, permitindo a coleta de dados.

Do ponto de vista dos avanços tecnológicos, é possível constatar que não existe a necessidade da presença em tempo integral, das equipes de manutenção e operação, mas o que se exige é que as mesmas estejam comprometidas a estarem prontas e preparadas para que as necessidades emergenciais possam ser atendidas. Tais avanços ainda melhoram as

condições de trabalho dos técnicos especializados, a segurança da equipe e também dos equipamentos.

Ainda, como apresentado, é necessário considerar a manutenção dos componentes que compõem uma usina eólica, parte essencial de seu funcionamento, tendo participação importante nos custos para a geração de energia. Assim, uma manutenção preventiva, que seja planejada tentando prever a ocorrência de falhas para que se possa antecipar e programar os reparos minimizando os custos que se somariam com a parada total da máquina, também é de suma importância.

Como sugestão é preciso estabelecer um cronograma para execução da manutenção variando em intervalos que podem ser de 4, 6, 12, 24 e 48 meses (considerando a garantia de cada fabricante ou fornecedor), o que assegura o funcionamento correto e contínuo dos aerogeradores, e os reparos a serem realizados podem ser executados de forma contínua, antes que uma possível avaria pare totalmente o funcionamento da máquina.

A tabela 1 apresenta um modelo básico de planejamento de manutenção preventiva, considerando algumas das etapas de manutenção, as quais devem ser realizadas a partir de um estudo sobre o regime de ventos de cada região, para que uma possível parada para reparos, seja realizada em épocas de baixa incidência de ventos, permitindo o máximo de aproveitamento da energia eólica para a geração de energia.

Tabela 1: Planejamento de Manutenção Preventiva.

PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA													
Periodicidade (anual)		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Dez
Manutenção mecânica	Geradores e caixas de engrenagens.	X				X				X			
Vibrações	Rotação e vibração das pás, das torres e do rotor.	X						X					
Inspecções Visuais	Trincas, descascamento e deformações.	X						X					
Manutenção Elétrica	Exames termográficos em: transformadores, relés, contactores, entre outros.	X											

Fonte: O autor.

As atividades de manutenção apresentadas no quadro podem ser executadas de modo a detectar informações e prever avarias. Em geradores e caixas de engrenagens, é importante que sejam executadas segundo o cronograma, pois representa uma das manutenções mais onerosas, exigindo aluguel de guindaste e alto tempo de parada do aerogerador, o que pode comprometer a produtividade. Já um diagnóstico por vibração, além de evitar a substituição preventiva de componentes como pás do rotor e de fundação por rachaduras, pequenos desalinhamentos, folgas mecânicas, entre outros, permite identificar a melhor forma de determinar e programar as ações mais adequadas para cada um dos componentes.

Ainda as observações visuais devem ser tomadas dentro de critérios estabelecidos detectando, por exemplo, trincas, descascados e deformações,

relatando defeitos e irregularidades encontradas. Inspeções visuais de engrenagens e rolamentos devem ser realizadas de forma contínua, pois quando passam a existir ruídos o problema já é considerado bastante profundo.

Neste contexto, o monitoramento das condições dos equipamentos pode ser melhorado de forma diária em uma usina eólica, por meio das rotinas de manutenção estabelecidas, reduzindo custos com tais atividades.

5 CONCLUSÃO

Diante de um panorama a nível mundial em que as questões ambientais são de grande preocupação, as fontes renováveis surgem como alternativa para a geração de energia em substituição aos combustíveis fósseis, e a energia eólica representa uma das fontes que possuem maior viabilidade de exploração.

Neste contexto, na busca pela ampliação da oferta de energia limpa, e com grandes desenvolvimentos tecnológicos, a energia eólica, passou a ser uma das fontes de energia mais exploradas nos últimos anos, surgindo à necessidade de uma maior exploração de materiais que abordam a viabilidade de instalação de parques eólicos, e em especial, que abordem programas de manutenção.

Este enquadramento mostra a relevância de programas de gestão de manutenção que busquem por produtos e sistemas de alto desempenho a custos reduzidos, os quais minimizem falhas e mantenham a confiabilidade dos dados que serão coletados para posterior análise científica, permitindo a

execução de uma manutenção planejada para que não sejam feitas paradas em épocas de máximo regime de ventos.

Da revisão de literatura realizada, constatou-se que um bom programa de gestão da manutenção e operação, utilizando ferramentas adequadas, promove bons resultados para manter a qualidade nos serviços prestados com custos reduzidos, aproveitamento adequado dos aerogeradores bem como a sua conservação no que tange sua vida útil. Apontou ainda, a importância do desenvolvimento de *softwares* específicos para a facilidade e precisão na coleta de dados.

Por outro lado, são necessários que se desenvolvam maiores estudos na área da gestão de manutenção em usinas eólicas bem como nos aerogeradores, juntamente com a publicação de dados reais junto a empresas que operem em parques eólicos, contribuindo assim, para o estudo de um campo de investigação com muito a ser explorada, e permitindo o desenvolvimento de trabalhos futuros.

STUDY ON THE MAINTENANCE MANAGEMENT IN WIND POWER PLANTS

Abstract

The search for adoption of cleaner alternative energy for power generation has increased in recent decades and wind energy is among those that has aroused interest because of its large production technical potential. So with the growth in wind levels, it is clear the price drop in production costs of so-

called wind turbines, making the highly competitive wind energy on other sources of power generation, including renewables. And an important step as far as the development of the wind sector, is in a good performance of a wind farm in full operation, and it is necessary to the effectiveness of its maintenance program and operation. The work presents at the level of literature review, analysis of a maintenance plan that consists of three phases basically: corrective maintenance, preventive maintenance and monitoring. Evaluates the importance of an efficient project maintenance management in a wind farm, in addition to advantages in maintaining such a project, promotes good results regarding the quality of services at reduced costs. Still has relevance in the search for programs that seek for products and high-performance systems that can predict and minimize failures and maintain the reliability of the data collected, allowing maintenance planning. This way you can avoid interruption of power generation by constant stoppages of equipment, scheduling those in low wind regimes times, and not compromising the continuity and quality of services. The studies also point to the importance of developing software that can assist and enhance the accuracy of data collected from equipment used in wind farms, facilitating further scientific examination.

Key-words: Wind energy. Maintenance management. Maintenance tools.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 17 maio.2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em: <<http://abides.org.br/brasil-e-a-energia-renovavel/>>. Acesso em: 17 maio.2016.

Bonifácio, Marcos Antônio. **Manutenção industrial: uma discussão entre a relação dos investimentos aplicados e os resultados operacionais e ambientais obtidos**. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA – UNIARA, 2005.

Castro, Daniel E. **Análise de Perdas de Eficiência Produtiva em Sistemas de Geração de Energia Eólica Utilizando o Coeficiente de Eficiência OEE de TPM**. CEFET, Minas Gerais, 2006.

Centro de Energia Eólica. CE-EÓLICA. <<http://www.pucrs.br/ce-eolica/faq.php?q=18>>. Acesso em: 11 out. 2016.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf>. Acesso em: 17 maio.2016.

Fonseca, Inácio de Souza Adelino da. **Manutenção de Sistemas de Geração de Energia Renovável Eólica através de Redes IP**. FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, janeiro de 2010.

Oliveira, Clóvis B. M.; et al **Guia do Setor Eólico do Rio Grande do Norte**. Editora: IFRN. Natal, 2015.

Oliveira, Sérgio F. P. S. de. **Análise do Comportamento dos Aero geradores em Situação de Anomalia**. Instituto Superir de Engenharia do Porto, 2013.

Portal Energia: **Energias Renováveis**. < <http://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>>. Acesso em: 11 out. 2016.

SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142013000100008>. Acesso em: 17 maio.2016.

Silva, Romeu Paulo da. **Gerenciamento do setor de manutenção**. UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, 2004.

SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY ONLINE. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010133002007000300003>. Acesso em: 11 out. 2016.