

RELAÇÃO ENTRE MANUTENÇÃO PREVENTIVA, PROJETO E QUALIDADE NO PRODUTO: UM ESTUDO DE CASO

A.S. Oliveira, adenilva@hotmail.com¹
N.M.G. Pinheiro, nath.mgp@gmail.com¹
F. Carretta, fernandacarretta@gmail.com¹
F.G. Dedini, dedini@fem.unicamp.br¹

¹Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Laboratório de Sistemas Integrados (LabSin), Rua Mendeleev, 200 – Cidade Universitária “Zeferino Vaz” – Campinas/SP Brasil. CEP: 13083-860.

Resumo: A conscientização para diminuir o uso das energias não renováveis tem levado ao interesse pelo desenvolvimento de fontes de energia alternativas, tais como a energia eólica, a energia geotérmica, o biodiesel, a energia obtida através do hidrogênio, a energia das marés, o etanol e a biomassa. Por esta razão, as empresas fornecedoras de recursos para o setor da geração de energia alternativa têm buscado entregar produtos confiáveis, de qualidade e valor acessível, tornando-se competitivas em seu mercado de atuação. Sendo assim, as ferramentas de auxílio aos projetos e processos são fundamentais para assegurar o mínimo de desperdícios e o melhor desempenho do produto ao longo do seu ciclo de vida. O presente trabalho tem como objetivo ilustrar como a análise do ciclo de vida, os desenhos técnicos virtuais e a manutenção preventiva podem auxiliar na resolução e prevenção de problemas em uma indústria fornecedora de pás para turbinas de aerogeradores. Constatou-se, através do estudo de caso, que a utilização destas ferramentas e metodologias possibilitou a eliminação de não conformidades no produto e a redução de impactos ambientais através do aumento do ciclo de vida.

Palavras-chave: Ciclo de Vida, Energia Eólica, Qualidade, Manutenção Preventiva.

1. INTRODUÇÃO

Fthenakis (2009) afirma que a energia eólica é gerada pela força dos ventos através de aerogeradores produzindo energia elétrica, com menos impactos ambientais que as demais fontes energéticas, por se tratar de uma geração limpa que não emite gases de efeito estufa durante a produção. As pás que constituem os aerogeradores são produzidas artesanalmente utilizando materiais compósitos poliméricos. Pela característica artesanal da produção, para que os produtores se mantenham competitivos é imprescindível assegurar a qualidade dos seus produtos (BARROS, 2010).

Segundo Delgado (2009) o uso de metodologias e ferramentas de projetos possibilita que a organização tenha procedimentos bem definidos através da utilização de técnicas que auxiliam os projetistas em suas atividades, propiciando um trabalho padronizado.

A manutenção de equipamentos industriais se faz necessária sempre que o equipamento falha ou diverge do seu funcionamento ideal, quando se utiliza apenas manutenção corretiva. Entretanto, para prevenir que as falhas ocorram é possível estabelecer um plano de manutenção preventiva que tem como objetivo eliminar ou reduzir as possíveis falhas através de paradas programadas da produção para verificação e ajustes nos equipamentos de produção. Existe ainda a manutenção preditiva que através de checagens constantes no funcionamento dos equipamentos é possível prever uma possível falha e tomar medidas para que não ocorram antecipadamente. Os danos de não se utilizar a manutenção em equipamentos são notáveis comprometendo diretamente a qualidade do produto final, o que torna os programas de manutenção preventiva e/ou preditiva importantes para os processos industriais (COSTA, 2013).

No momento do estudo de caso a empresa liderava o mercado de produção de pás customizadas para turbinas eólicas, tendo como principal objetivo a exportação. No entanto, foi constatado um alto índice de reclamações por parte dos clientes além de grande quantidade de produtos que tinham sua vida útil finalizada antes mesmo de entrar em funcionamento em campo por apresentar não conformidades constatadas no momento de sua instalação em outro país. Os produtos cujos ciclo de vida eram encurtados, na sua maioria, eram descontinuados e sucateados através de terceiros, levando a um prejuízo.

O presente trabalho tem como objetivo ilustrar como a análise do ciclo de vida, desenhos técnicos virtuais e a manutenção preventiva pode auxiliar na resolução e prevenção de problemas em uma indústria fornecedora de pás para turbinas de aerogeradores.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. Projeto de produto

Snyder (2014) define um projeto como “um empreendimento temporário conduzido para criar um produto ou serviço único”.

Rozenfeld et al. (2006) conceituaram o processo de desenvolvimento de produtos como um conjunto de atividades que, a partir das necessidades mercadológicas, permite formular as especificações de projeto, determinar o processo de produção e estabelecer métodos de acompanhamento do produto no mercado até o final da sua vida útil. Os autores diferenciaram processo, conjunto de atividades organizadas com objetivo de produzir um produto ao mercado, de projeto, que também é conjunto de atividades, porém, de caráter único. Com base nesta diferenciação, os autores introduziram o conceito de modelo de desenvolvimento de produtos, como sendo uma metodologia estruturada para o processo de desenvolvimento de produtos de uma organização (ROZENFELD et al., 2006).

Segundo Back et al. (2008) a engenharia do projeto é um processo que, através da utilização das ferramentas matemáticas, gráficas, linguagens e princípios científicos, transforma necessidades em produtos. Dentre as ferramentas que podem auxiliar o projeto de um produto encontram-se a análise do ciclo de vida do produto e desenhos técnicos assistidos por computador.

A análise do ciclo de vida dos produtos, conforme explica Rozenfeld et al. (2006), é uma ferramenta que tem como objetivo avaliar as diferentes soluções propostas em termos de impacto ambiental através da construção do ciclo de vida do produto, com objetivo de postergar o fim da vida útil do produto minimizando seus impactos no meio ambiente.

Conforme Rodrigues et al. (2014), os desenhos técnicos têm como objetivo obter uma representação gráfica descrevendo as características de forma e dimensão de peças e componentes, possibilitando a comunicação técnica para concepção e fabricação de um produto. A qualidade de um produto está relacionada com três parâmetros: dimensional, que representa as tolerâncias que devem ser definidas nas fases do projeto, os erros admissíveis na fabricação e a qualidade da superfície. Diante destes parâmetros, os autores ressaltam a importância da utilização dos desenhos técnicos para o desenvolvimento e posterior produção de produtos de qualidade. O desenho assistido por computador (Computer Aided Design, CAD) permite a modelagem digital, simulações e especificações precisas dos parâmetros que levam ao bom acabamento do produto, conferindo robustez ao projeto (RODRIGUES, et al., 2014).

2.2. Manutenção preventiva, preditiva e corretiva

Alsayouf (2009) afirma que a manutenção suporta os processos de uma organização através dos reparos corretivos ou preventivos dos recursos produtivos, com objetivo de mantê-los funcionando corretamente e disponíveis pela maior parte do tempo possível.

Paschoal et al. (2009) apresentam a manutenção como um conjunto de atividades necessárias para conservar os recursos produtivos em condições operacionais garantindo a produção conforme as condições estabelecidas no projeto. Para que isto ocorra, segundo os autores, é necessário estabelecer rotinas periódicas de avaliação e reparos preventivos, além da monitoração dos recursos e intervenções corretivas quando houver discrepâncias. Desta forma, os autores destacam três tipos de planos de manutenção: preventiva, preditiva e corretiva.

A manutenção preventiva, segundo Pereira (2011), é realizada periodicamente com objetivo de prevenir eventuais falhas em equipamentos através de um plano de vistoria e reparos. Busca a melhoria contínua dos processos produtivos, uma vez que reduz a indisponibilidade de equipamentos devido a falhas e melhora o desempenho assegurando produção conforme as especificações de projeto. Conforme explica Branco Filho (2008), para estabelecer um plano de manutenção preventiva é necessário conhecer os processos produtivos, as possíveis falhas nos equipamentos e como examinar e reparar cada um deles.

A manutenção preditiva também é realizada antecipadamente à falha nos equipamentos, porém, diferente da manutenção corretiva, não é realizada periodicamente, mas sim através da detecção de necessidade de reparos, que pode ser feita aplicando sistematicamente técnicas de supervisão do seu funcionamento. Desta forma, monitora-se o equipamento e quando se detecta que este está se aproximando dos limites estabelecidos de falha, é realizada uma intervenção e os devidos reparos. Para o bom funcionamento da manutenção preditiva é imprescindível o bom conhecimento do funcionamento adequado das máquinas e também a implementação de sistemas de monitoração eficientes (KARDEC; NASCIF, 2013).

A manutenção corretiva ocorre, segundo Pereira (2011), sempre que um equipamento necessita de reparos após apresentar falhas, estando este indisponível ou não. Por se tratar de uma ação dependente da falha não pode ser planejada, portanto, acarretam custos por indisponibilidade não programada de recursos e/ou custos com substituição de componentes danificados. Tem como objetivo principal restaurar as condições operacionais de um equipamento.

3. DIAGNÓSTICO E PROCEDIMENTOS ADOTADOS

Foi realizado um estudo na indústria reportada neste trabalho que revelou dois problemas de desempenho: alto índice de reclamações dos clientes sobre a qualidade do produto na fase de garantia e grande quantidade de produtos descartados como sucata na fase de instalação antes de entrar em operação.

Um lote inteiro, constituído de 1168 produtos, foi analisado e verificou-se que todas as unidades apresentavam algum problema. Parte dos casos era passível de correção por apresentar não conformidade menos grave, enquanto a outra parte deveria ser integralmente substituída, levando o produto defeituoso ao descarte como sucata. Para avaliar a razão do curto ciclo de vida nos produtos foi utilizada uma análise de ciclo de vida que evidenciou as não conformidades nas tolerâncias dimensionais do produto, as quais não poderiam ser reparadas devido às características mecânicas dos materiais utilizados.

Com objetivo de melhorar a qualidade do produto e, consequentemente, aumentar seu ciclo de vida, postergando o final da sua vida útil e, principalmente, evitando o descarte de produtos antes mesmo de serem utilizados em campo, foi realizado um diagnóstico das causas das falhas e a partir do seu resultado, medidas foram propostas para solucionar os problemas encontrados.

Inicialmente foram registrados os dados das reclamações de falhas nos produtos ocorridos durante a fase de instalação do lote, conforme ilustrado nos gráficos da Figura 1.

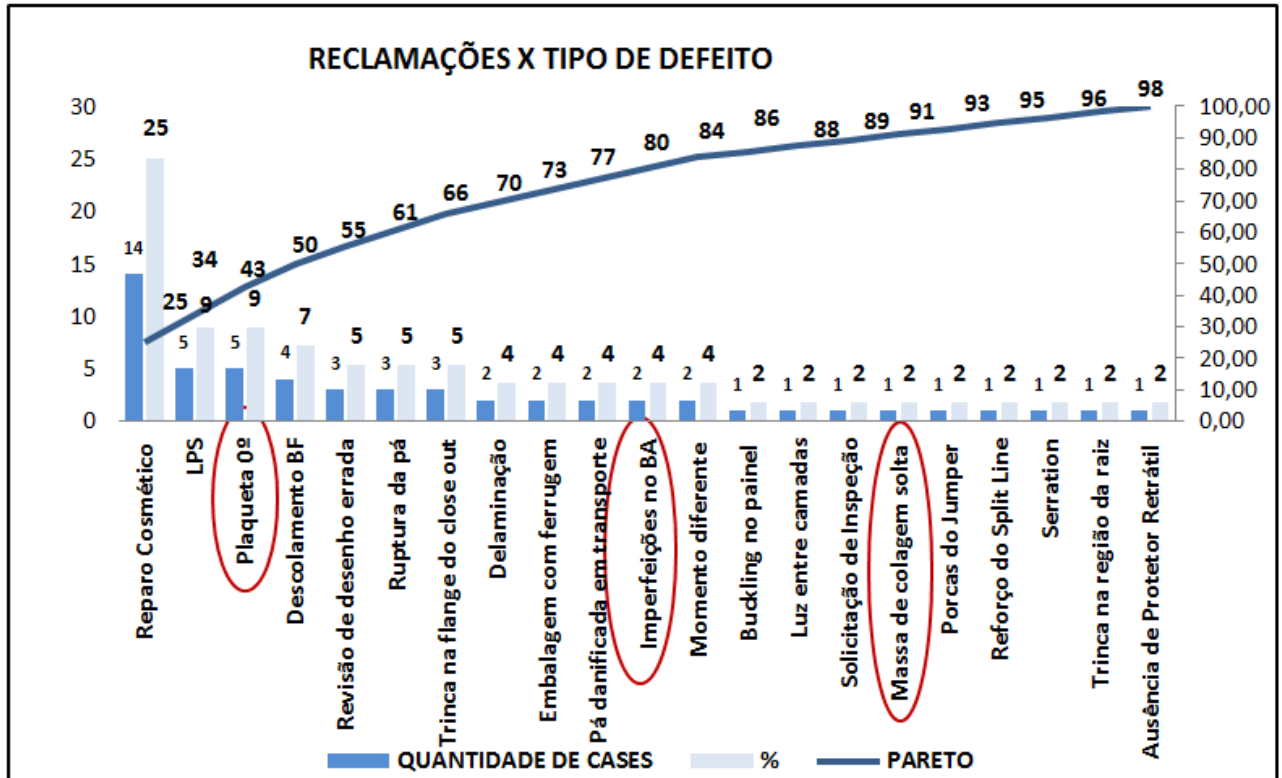


Figura 1. Registros de inconformidades encontradas nos produtos durante o período de instalação das primeiras unidades em campo. Fonte: elaborado pelos autores, disponibilizado pela indústria em estudo.

As falhas mais recorrentes foram: ausência de plaquetas, imperfeições no bordo de ataque e massa de colagem solta. Uma vez identificadas as principais falhas, foi realizado um estudo sobre as especificações do equipamento, possíveis calibrações, controles realizados e os procedimentos usados para a execução, com objetivo de identificar as causas dos problemas através de um diagrama de Ishikawa, ilustrado na Figura 2.

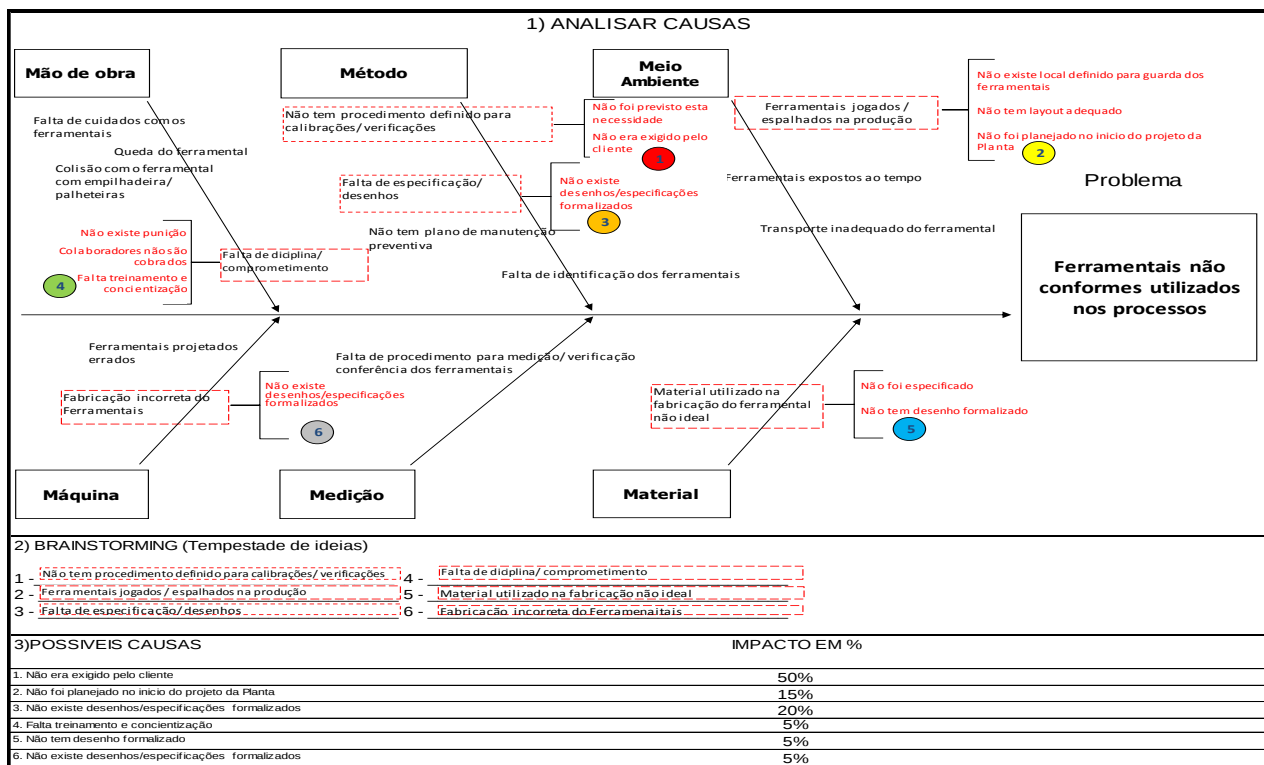


Figura 2. Diagrama de Ishikawa para descobrir as causas das falhas no produto. Fonte: elaborado pelos autores, disponibilizado pela indústria em estudo.

A análise identificou que não havia desenhos de fabricação nem procedimentos formalizados para produção. Para verificar as origens das falhas técnicas no produto, foi realizado um brainstorming, conforme ilustrado na Figura 3.

Nº	Brainstorming	Causa Principal	Verificação		Resultados	
			Real	Ideal		
1	Não tem procedimento definido para calibrações/ verificações	Não era exigido pelo Cliente	Não existe sistemática e área resp. para calibrações	Ter sistemática para calibrações e área resp.	Criar sistemática para calibrações e área resp.	VIÁVEL
2	Ferramentais jogados / espalhados na produção	Não foi planejado no início do projeto da Planta	Não existe local definido para guarda dos ferramentais	Definição da área para guarda e preservação dos ferramentais	*Definir local para guarda dos Ferramentais; *Padronizar a criação de layout para guarda dos ferramentais no início dos projetos.	VIÁVEL
3	Falta de especificação/ desenhos	Não existe desenhos/especificações formalizados	Não existe especificação/desenho formalizado	Especificações/ Desenhos formalizados	Elaboração do Especificações/desenhos faltantes	VIÁVEL
4	Falta de disciplina/ comprometimento	Falta de treinamento e conscientização	Assunto não é tratado/abordado	Treinamento para conscientização	Treinamento/ recidagem constante	VIÁVEL
5	Material utilizado na fabricação não ideal	Não tem desenho formalizado	Não existe especificação/desenho formalizado	Especificações/ Desenhos formalizados	Elaboração do Especificações/desenhos faltantes	VIÁVEL
6	Fabricação incorreta do Ferramentais	Não existe desenhos/especificações formalizados	Não existe especificação/desenho formalizado	Especificações/ Desenhos formalizados	Elaboração do Especificações/desenhos faltantes	VIÁVEL

X = NÃO VIÁVEL
VIÁVEL

Figura 3. Resultado do brainstorming realizado para descobrir as causas técnicas de falhas no produto. Fonte: elaborado pelos autores, disponibilizado pela indústria em estudo.

Uma vez verificadas as causas técnicas de falhas nos produtos, optou-se por trabalhar para solucionar a de falta de procedimentos para calibrações e verificações dos equipamentos de produção e a falta de padronização nos desenhos técnicos por causarem maior impacto nos defeitos no produto final e posteriormente seriam tratadas as demais. Os desenhos técnicos dos clientes foram utilizados como referência para analisar as métricas da produção.

Para ilustrar os problemas técnicos da falta de procedimentos e desenhos padronizados, foram levantadas algumas informações sobre o processo produtivo:

- A aplicação da plaqueta é realizada na máquina de corte, ilustrada na figura 4, e furação que deve fazer a planificação da pá, as furações para os studs e barrel.
- Para o posicionamento da pá são utilizados os berços, ilustrados na Figura 5, para repousar o dispositivo à zero grau auxiliando o posicionamento na rotação correta.
- Para instalação da pá na máquina de corte e sua furação, é realizado um setup com parametrização essencial para atender as especificações do cliente.
- A tolerância de parametrização da máquina de corte deve ser dez vezes menor que a tolerância especificada para o desenho do produto final.



Figura 4: Máquina utilizada para corte e furação. Fonte: elaborado pelos autores, disponibilizado pela indústria em estudo.



Figura 5: Pá posicionada na máquina de corte e furação. Fonte: elaborado pelos autores, disponibilizado pela indústria em estudo.

Para verificar o funcionamento da máquina de cortes e identificar as possíveis origens dos defeitos foram feitas medições da planicidade do produto final utilizando um laser tracker, em 20 dias diferentes. Os resultados obtidos, apresentados na Figura 5, evidenciaram a discrepância entre o valor de referência e as medições.

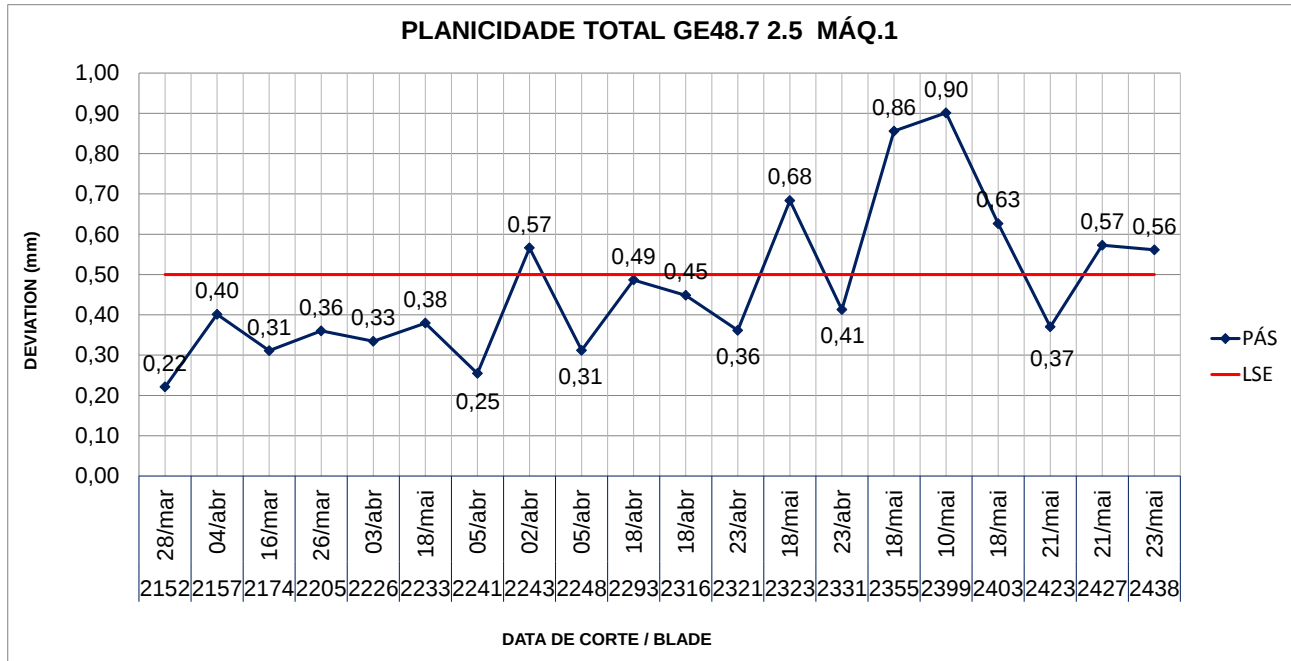


Figura 6: Medições da planicidade total da pá. Fonte: elaborado pelos autores, disponibilizado pela indústria em estudo.

Uma análise no processo permitiu identificar que ao longo da operação a máquina perde sua parametrização, levando a perda de precisão e repetitividade, e não havia um procedimento de contingência para tratar o problema nem manutenção preventiva ou preditiva para evitar sua ocorrência. Desta forma a máquina seguia em funcionamento normal mesmo com sua parametrização desajustada o que ocasionava os defeitos de planicidade nos produtos. Estes defeitos ocasionavam as falhas reportadas pelos clientes com maior frequência. Uma vez identificada uma falha no produto quando da sua instalação no cliente final, este era descartado e era necessário contratar um serviço terceirizado de recolhimento e destino final como sucata.

Ao identificar as causas dos problemas no produto final foi possível montar um plano visando o aumento da sua vida útil e eliminação das não conformidades. As propostas de melhoria no processo apresentadas foram:

- Criação de uma rotina de padronização e documentação dos projetos de peças. Nos projetos foram incluídos desenhos técnicos do produto realizados em programas computacionais, a partir dos desenhos solicitados pelos clientes.
- Criação de roteiros de fabricação que, utilizando os desenhos técnicos das peças, determinava como proceder a fabricação correta e como inspecionar as máquinas em caso de necessidade de manutenção.
- Inspeção de 100% das pás ao fim da linha de produção e, quando detectada uma não conformidade, era considerada uma contingência necessitando de análise da máquina de corte. Esta análise permitia prever eventuais falhas futuras e acionar a equipe de manutenção de forma preditiva.
- Criação de um plano de manutenção preventiva periódica para máquina de corte, a ser realizada a cada 15 dias, para garantir a boa operação da máquina de corte evitando falhas.
- Criação de um procedimento padrão para controle de contingências por parte dos operadores, segundo o qual, caso fosse detectada alteração na tolerância da máquina, a equipe de manutenção corretiva deveria ser acionada para refazer a sua parametrização.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a implementação destas melhorias propostas para o projeto e processo produtivo foram feitas novas medições na planicidade das pás e verificou-se que houve um controle das não conformidades, conforme apresentado na Figura 7.

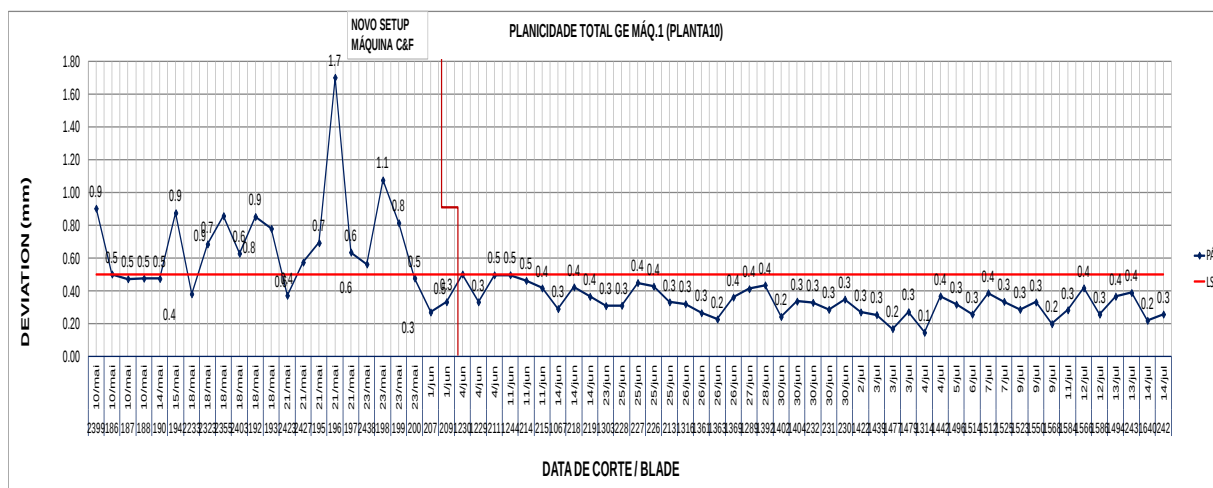


Figura 7: Medições da planicidade total da pá após implantação das medidas corretivas. Fonte: os autores, disponibilizado pela indústria em estudo.

A partir da implantação das medidas corretivas nos processos produtivos, a planicidade das pás ficou com tolerâncias dentro do limite estabelecido como referência, resultando na solução de grande parte dos problemas encontrados.

Uma vez solucionados os problemas mais graves que ocasionavam a maior parte das não conformidades no produto final, a empresa iniciou um plano para solução dos demais problemas.

5. CONCLUSÕES

A primeira metodologia utilizada foi uma análise do ciclo de vida do produto, que identificou que seu tempo de vida útil estava aquém do esperado uma vez que os produtos não passavam da fase de instalação, devido às tolerâncias inadequadas e características mecânicas dos materiais utilizados.

Também foi utilizada uma metodologia de padronização para os projetos de peças, utilizando desenhos técnicos auxiliados por computador, levando a uniformização dos mesmos, beneficiando os processos de produção. A partir dos desenhos técnicos também foram montadas rotinas de produção para padronizar os processos produtivos.

Finalmente, planos de manutenção preventiva, preditiva e corretiva foram determinados, reduzindo as falhas na máquina de corte por discrepâncias de parametrização comuns ao longo do tempo de utilização.

A aplicação da análise de ciclo de vida, desenhos auxiliados por computador e planos de manutenção preventiva, preditiva e corretiva contribuíram para que os produtos não apresentassem mais as não conformidades reportadas reduzindo a quantidade de produtos com vida útil encurtada e as reclamações dos clientes. Desta forma, destaca-se a importância dos procedimentos padrão tanto para o projeto dos produtos como para os processos produtivos, buscando a garantia de qualidade do produto bem como alongamento de sua vida útil.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela empresa que permitiu o desenvolvimento de toda a pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- Alsyouf, I., 2008, Maintenance practices in Swedish industries: survey results, Int. J. Product. Econ. 121 (1) (2009) 212–223.
- Back, N.; Ogliari, A.; Dias, A.; Silva, J.D., 2008, Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Malone.
- Barros, A. S., 2010, Estudo do Desalinhamento das Fibras nas Propriedades Mecânicas de Compósitos Estruturais de Pás Eólicas. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais/ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores, Impe São José dos Campos, São José dos Campos, 2010.
- Branco Filho, G., 2008, A organização, o planejamento e o controle da manutenção. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna.
- Costa, M. de A., 2013, Gestão Estratégica da Manutenção: Uma Oportunidade para Melhorar o Resultado Operacional. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- Delgado Neto, G., 2009, Desenvolvimento e aplicação de um programa computacional, para abordagem sistemática de desenvolvimento de produtos e serviços. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

- Fthenakis, V.; Hyung C., 2009, Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13 (6-7): 1465-1474.
- Kardes, A.; Nascif, J., 2013, *Manutenção: função estratégica*. 4 ed. rev. ampl. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark. 413 p.
- Paschoal, D. R. de S.; et al., 2009, Disponibilidade e confiabilidade: Aplicação da gestão da manutenção na busca de maior competitividade.
- Pereira, M. J., 2011, *Engenharia de manutenção: teoria e prática*. 2 ed. rev. Rio de Janeiro, RJ: Ciência Moderna. 228 p.
- Rodrigues, A. R. et al., 2014, *Desenho técnico mecânico: Do planejamento do produto ao controle de qualidade*. Elsevier Brasil.
- Rezenfeld, H.; Forcellini, F.A.; Amaral, D.C.; Toledo, J.C.; Silva, S.L.; A., D.H.; Scalice, R.K., 2006, *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva.
- Snyder, C. S., 2014, *A guide to the project management body of knowledge: PMBOK (®) guide*. Project Management Institute: Newtown Square, PA, USA.
- Werkema, M. C. C., 2006, *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores garantem que o artigo é original, não infringe os direitos autorais e não foi enviado para publicação em nenhuma outra revista anteriormente.

RELATIONSHIP BETWEEN PREVENTIVE MAINTENANCE, DESIGN AND QUALITY IN THE PRODUCT: A CASE STUDY

A.S. Oliveira, adenilva@hotmail.com ¹
N.M.G. Pinheiro, nath.mgp@gmail.com ¹
F. Carretta, fernandacarretta@gmail.com ¹
F.G. Dedini, dedini@fem.unicamp.br ¹

¹University of Campinas (Unicamp), Laboratory for Integrated Systems (LabSIn), Mendeleyev street, 200 – University City “Zeferino Vaz” – Campinas/SP Brazil. Zip Code: 13083-860.

Abstract: Awareness of the use of non-renewable energies has led to an interest in the development of alternative energy sources, such as wind energy, geothermal energy, biodiesel, energy from hydrogen, tidal energy, ethanol and biomass. For this reason, companies that provide resources for the alternative energy generation have sought to deliver reliable, quality and affordable value products, thus becoming competitive in their market. As such, project and process support tools are critical to ensuring the least waste and the best product performance throughout its life cycle. The present work aims to illustrate how life cycle analysis, computer aided design and preventive maintenance can assist in the resolution and prevention of problems in a industry for wind turbine. It was verified through the case study that the use of these tools and methodologies allowed the elimination of nonconformities in the product and the reduction of environmental impacts through the increase of the life cycle.

Keywords: Life Cycle, Wind Energy, Quality, Preventive Maintenance.