

ESTUDO SOBRE O NIVELAMENTO DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DO SETOR DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Daniel Bertoli Gonçalves¹

RESUMO

O presente estudo aborda a aplicabilidade do Conceito do Heijunka, uma ferramenta de Nivelamento da Produção, que busca uma demanda estável por recursos, diminuindo o Lead Time de componentes e nivelando a carga de trabalho em todo o processo de produção. Para isso foi abordada a implementação desta ferramenta em uma linha de produção de aerogeradores em uma indústria localizada no interior do Estado de São Paulo. Os resultados apontam que tal ferramenta conseguiu melhorar a qualidade, tanto do produto acabado como do processo, reduzindo o ciclo de produção e aumentando a produtividade, o que contribuiu para um processo mais enxuto e com menor custo, eliminando gargalos de produção e atendendo com precisão às demandas do cliente.

Palavras-chaves: Nivelamento da Produção, Controle de Produção, Lean Production, Heijunka.

1. INTRODUÇÃO

É cada dia mais evidente a necessidade do desenvolvimento de operações padronizadas no ambiente fabril. A padronização dos processos apresenta grandes vantagens na garantia da qualidade dos produtos, na identificação e correção de falhas nos processos, no controle de custos, na programação da logística de fornecimento e entregas, e até mesmo na segurança do ambiente de trabalho.

Segundo Womack e Jones (2004), a padronização do trabalho consiste na descrição simples e prática de cada atividade de trabalho contendo o tempo de ciclo, o Takt Time, a sequência de trabalho das tarefas e o estoque mínimo disponível para realizar a atividade

Os desperdícios dentro do Sistema Toyota de Produção são chamados de MUDA. Três tipos de MUDA são classificados na Metodologia Lean: Movimento que é o tempo desperdiçado tanto no fator humano quanto no mecânico envolvido. O segundo desperdício é devido à Espera, que ocorre quando um trabalhador precisa esperar para que o material seja entregue ou para que uma parada na linha seja resolvida. O MUDA com relação à Logística Interna, diz respeito ao desperdício em grande escala causado pelo lay-out ineficiente no local de trabalho, pelo

¹ Doutor em Engenharia de Produção, Pesquisador do Programa de Pós Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba – UNISO. daniel.goncalves@prof.uniso.br

equipamento excessivamente grande, ou pela produção tradicional de lotes. Já o desperdício por Retrabalho está relacionado a produzir e ter que consertar produtos. Consiste em todo o material, o tempo e a energia envolvidos na produção para a correção dos retrabalhos.

Rother e Shook (2003) definem o ritmo da produção ou Takt Time como a frequência na qual se deve produzir um produto sincronizando a velocidade de produção ao ritmo de vendas, para atender a demanda do mercado.

Adaptar a produção à variabilidade da demanda é chamado “nivelamento da produção”, cujo conceito é o de diminuir a variação de quantidades produzidas na linha de produção. Ele apresenta duas fases: nivelamento da quantidade total produzida e nivelamento dos modelos produzidos. Ainda dentro desse contexto Ohno (1997), defende o conceito do Heijunka, ou nivelamento da produção garantindo a sua uniformidade através de pequenos lotes, permitindo satisfazer eficientemente as exigências do cliente e paralelamente reduzir custos através da eliminação de desperdícios de estoque, custos de mão de obra e lead time de produção.

De acordo com Reis & Alves (2009 apud MONDEN, 1998, p. 480), o nivelamento da produção total serve para nivelar a produção diária de produtos produzidos antecipando picos e vales de demanda. Este sistema é necessário para se evitar desperdícios no sistema, como por exemplo: mão de obra, inventário e outros elementos preparados para o pico de demanda que serão comentados no decorrer do estudo de caso.

Segundo Womack e Jones (2004), a produção LEAN é “enxuta” porque usa menos de tudo comparado com a produção em massa – metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço de manufatura, metade do investimento, metade das horas de engenharia para desenvolver um novo produto na metade do tempo. Da mesma forma, exige manter bem menos da metade do inventário necessário na planta, o que resulta em menos defeitos e produz uma maior e sempre crescente variedade de produtos.

Este estudo analisou a implementação do Conceito do “Heijunka”, ou Nivelamento de Produção, em uma empresa produtora de equipamentos para geração de energia eólica, no interior do Estado de São Paulo, que teve como objetivo reduzir os custos e o tempo gasto nas operações.

O processo estudado consiste na fabricação de pás produzidas em material composto (fibra de vidro e resina), principal componente das turbinas para geração de energia eólica. No período da pesquisa, a fábrica apresentava 13 moldes para fabricação de pás eólicas, dentre outros 20 moldes para a produção de acessórios (peças pré-fabricadas que fazem parte da pá), envolvendo aproximadamente 2000 pessoas que se dividiam em equipes para a preparação e limpeza do molde, montagem dos tecidos, infusão de resina, limpeza da casca curada e fechamento.

A pesquisa foi realizada através da metodologia de estudo de caso observacional, com o acompanhamento e descrição das mudanças no processo na Empresa analisada, onde foi elaborado um modelo para otimização do sequenciamento de linhas de produção em ambiente de produção enxuta, considerando as variáveis inerentes ao processo.

Considera-se aqui que, linhas de montagem artesanais são linhas de montagem de produtos semelhantes, operando simultaneamente, e abastecidas pelos mesmos fornecedores internos. Como será discutido, o modelo de sequenciamento deve priorizar duas metas básicas alinhadas com a filosofia da produção enxuta, para proporcionar eficiência à linha de montagem: o fluxo constante de componentes e o nivelamento da carga de trabalho de cada posto.

2. O NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO NA EMPRESA

Foi identificado que a Empresa fabrica três diferentes produtos, separados em duas grandes células de manufatura de acordo com as características de cada produto.

As duas células juntas tinham 13 moldes para a fabricação das pás eólicas (Figura 1), os quais operam em diferentes ciclos e taktts, não havendo um padrão definido, nem de trabalho, nem de quantidade de pessoas.

Figura 1: Moldes para fabricação de Pás-Eólicas



Fonte: cedida pela empresa (2015)

Para o projeto e concepção do trabalho foi montada uma Equipe multidisciplinar, envolvendo membros da Manufatura, Logística, PCP, Materiais, Suprimentos e Qualidade.

O Mapeamento do Fluxo de Valor da Manufatura foi desenvolvido pensando-se na implementação do Sistema Lean em toda a fábrica. Os processos monitorados e representados nesse

trabalho referem-se aos moldes de casca, área piloto do Projeto de Nivelamento e Redução de Ciclos, sendo responsável por aproximadamente 50% da mão-de-obra empregada no processo produtivo da Empresa.

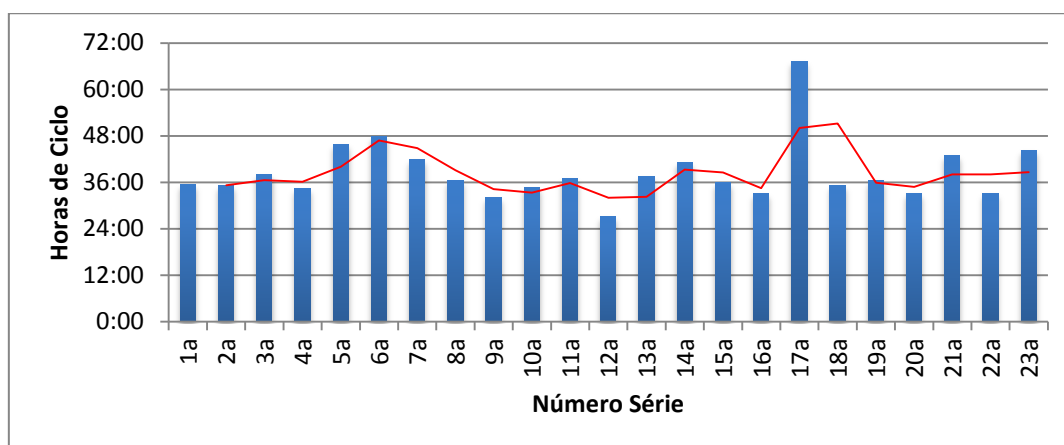
Para a definição da situação atual do processo produtivo foram realizadas centenas de horas de filmagem da montagem das peças pela equipe. Essas filmagens foram analisadas por operadores experientes (integrantes do time) e definidos gráficos.

Foram compiladas tabelas para monitoramento de todas as operações, seus tempos e divididas em atividades Desnecessárias (D), Necessárias (N), porém não agregam valor e atividades que Agregam valor (A). As oportunidades de melhoria foram anotadas para análise e posterior implementação.

O processo de produção funcionava de maneira “livre”, onde cada molde era trabalhado de maneira independente dos outros e as equipes trabalhavam de acordo com o estado presente. O planejamento do trabalho, por se tratar de um produto 95% artesanal, era realizado in loco e no início de cada turno, não existindo um padrão a ser seguido, dado às inúmeras variáveis de qualidade e, principalmente, de logística de movimentação, que era um dos maiores gargalos do processo produtivo. O aproveitamento da mão-de-obra, considerando-se a metodologia do DNA (Desnecessário, Necessário e o que Agrega Valor) era de 15% com valor agregado na peça, outros 35% de mão-de-obra necessária, porém que não agregava valor, e os outros 50% desnecessárias, porém isso acaba ficando encoberto pelas inúmeras atividades e desorganização com movimentos, seja em cima do molde, como nos corredores dos prédios. A qualidade do produto varia bastante, primeiro por tratar-se de um produto artesanal e segundo, por não seguir-se um padrão de atividades, onde cada pessoa tem sua atividade definida e sabe exatamente o que fazer, no momento certo e na velocidade correta.

Foi observado que a maior parte do tempo os colaboradores movimentavam-se ao redor dos moldes, não agregando valor ao produto, o que elevava o tempo de produção do produto, seu custo, e dificultava a previsão da produção futura, como evidencia o Gráfico 1, onde nota-se que não havia estabilidade nos ciclos de produção da empresa.

Gráfico 1 – Ciclos (h) de Produção de Pás na Empresa Pesquisada



Fonte: elaborado pelo autor

Na empresa, conforme informações coletadas junto à equipe de trabalho, cada produto ou molde trabalhava com quantidades variadas de pessoas, a qualidade era instável, o que geravam retrabalhos excessivos, faltava a especialização dos times, e havia excesso de atividades nos dispositivos de movimentação, o que era o principal “gargalo” encontrado no sistema produtivo. O tempo de ciclo oscilava em torno de 40 horas.

Apesar da capacidade para produzir um produto (pá eólica) a cada 24 horas, os dispositivos de movimentação não haviam sido projetados para atender essa demanda, pois se em cada turno de trabalho haviam disponíveis três pontes rolantes operando oito horas, teria-se setenta e duas horas disponíveis de ponte rolante para utilização, mas como o processo não era estável, a utilização da ponte era superior à sua disponibilidade máxima, surgindo o gargalo.

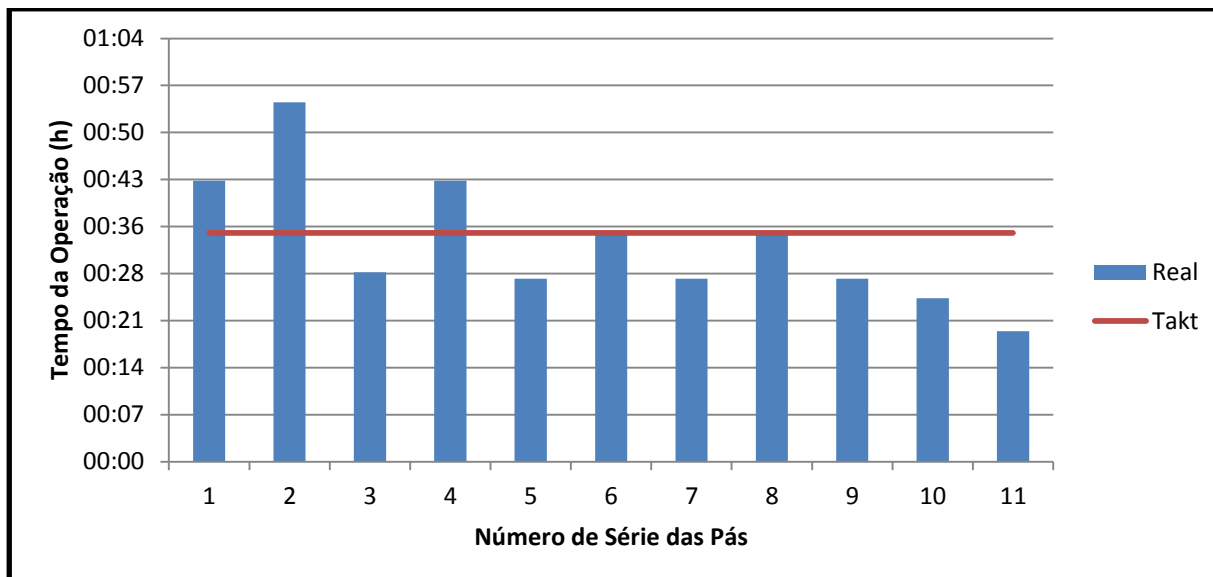
Esse gargalo significava a geração de ociosidade de uma ou mais partes de um sistema, o que adicionava a cada unidade dos produtos maior tempo para produção, aumentando os custos fixos.

De acordo com a teoria envolvida no nivelamento da produção, o maior nível de ociosidade ocorre quando o gargalo se localiza próximo ao input, ou seja, no início da produção, pois todas as fases seguintes do sistema ficam comprometidas. Outro gargalo importante ocorre próximo à saída do sistema, pois devido à agregação dos custos variáveis ao longo da produção, como o gasto de matéria prima, adição de mão-de-obra e outros recursos, se houver alguma restrição à saída dos produtos, consequentemente não haverá entrada de receita. Assim, de nada adiantaria haver produção se não houvesse suficiente fluxo de saída desta. E isso era sim um gargalo, que poderia ser explicado quando há muitos defeitos nas pás. As mesmas ficavam um tempo demasiado grande em processo (WIP), não chegando ao setor de acabamento e por fim não sendo faturadas.

Os indicadores de produção implementados não subsistem por muito tempo, visto a instabilidade do sistema, em todos os espectros, produtividade, qualidade, desempenho ou número de Horas-Homem gastos por pá.

O gráfico 2 representa a mesma atividade desenvolvida por equipes diferentes:

Gráfico 2 – Tempos de subprocesso da Operação Inicial na Produção da Pá na Empresa Pesquisada



Fonte: elaborado pelo autor

Pode-se observar que não existia um nivelamento; enquanto uma equipe desenvolvia a atividade em 27 minutos, outra desenvolvia em 55 minutos, ou seja, enquanto alguns operadores trabalhavam mais, outros trabalhavam menos. Aí se pode observar outro elemento importante da metodologia proposta pelo Heijunka, onde todos os operadores trabalhariam da mesma forma, em tempos definidos, porém sem sobrecarga de trabalho.

A empresa possuía uma série de deficiências no que diz respeito à aplicação dos princípios básicos do sistema 5S (princípios de organização do sistema Lean, divididos em: Separação, Organização, Limpeza, Padronização e Auto-Disciplina). Materiais de descarte, ferramentas de trabalho e acessórios, tais como lixadeiras e lixas rotativas eram encontradas nos pátios da empresa, mesmo ainda estando em bom estado de conservação. Os equipamentos para movimentação de acessórios e produto acabado eram deixados nos corredores da produção, de modo a obstruir a passagem de empilhadeiras, trânsito de pessoas, acessórios, equipamentos, muitas vezes ocasionando até mesmo acidentes.

Com o início da implantação do Lean Thinking na produção, com o objetivo de se atingir um nivelamento de produção e cadenciamento próximo ao ideal, iniciaram-se treinamentos sobre

5S e sua implantação gradativa, pois, não seria possível implantar qualquer conceito de Lean Manufacturing sem antes organizar a fábrica, seu layout e sua limpeza, em outras palavras, o conceito 5S deveria ser o primeiro passo para a aplicação dos demais conceitos.

Na questão do layout fabril, o fluxo era extremamente confuso e complexo, peças e acessórios iam e voltavam dentro de um mesmo processo, não seguindo uma cadência contínua e linear. As peças iam para “onde estava precisando” e não havia uma programação sequencial. Em questão de alguns dias, o layout era constantemente redefinido para equipamentos e suportes de pequeno porte, sem um planejamento eficiente.

Na questão de identificação de equipamentos, observou-se que não havia descritivos do que eram, para que serviam e como funcionavam. Os operadores mais antigos sabiam como operar, e isso era o que bastava para se obter a produção. No que diz respeito à limpeza, havia muitas oportunidades de melhoria. Não havia um programa de inspeção autônoma de equipamentos e produtos.

2.1 Implementando as Mudanças Necessárias

De forma a propor melhorias para a situação descrita, a equipe buscou elaborar um projeto voltado à implementação de ferramentas que elevassem o padrão da manufatura, criando novos hábitos e uma cultura diferenciada no ambiente organizacional.

Para isso, diversos estudos foram realizados, onde foram medidos os tempos de cada atividade e divididos em elementos de trabalho.

Esse processo foi organizado em nove etapas, ao começar pela definição da Filosofia “Lean” como norteadora para o futuro da organização, seguida pela organização de Workshops, treinamento de líderes, organização do local de trabalho, aproximação dos processos, Kaizen de sistemas e processos, capacitação multitarefa, controle visual, Heijunka, e Logística Lean.

A seguir, serão apresentadas as etapas da implementação do sistema Lean na Empresa e os resultados obtidos até o encerramento da pesquisa, com as modificações propostas.

2.1.1 Workshops para os Gestores

Após definida a Filosofia Lean, foram realizados três workshops para os gestores da empresa (base para a implementação da sistemática): Introdução ao Sistema Lean, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) e Manufatura Celular.

2.1.2 Treinamentos

O processo de treinamento foi iniciado com um workshop que abordou os objetivos, as expectativas e a maneira de trabalho do Lean, entretanto a excelência não seria alcançada realizando apenas esse tipo de atividade. O processo de treinamento foi contínuo, tornando-se uma tarefa quase que diária. Dessa maneira, a preparação do elemento humano ocorreu em todos os setores da fábrica, tais como: treinamento dos líderes de equipes e membros, treinamento específico, treinamento geral, entre outros.

2.1.3 Aproximações dos Processos – Majime

A maior parte das matérias-primas transportadas utilizava as empilhadeiras. Um grande problema constatado é que as empilhadeiras eram empregadas apenas para puxar, ou mesmo empurrar dispositivos especiais feitos sob medida para os acessórios. Isso criava certo conflito interno, pois o fluxo de materiais era constante e o número total de empilhadeiras não era suficiente para atender a todas as operações, ocorrendo frequentes atrasos na entrega.

No galpão dos moldes existiam pontes rolantes para fazer o atendimento das operações: Transportar os acessórios que chegam aos dispositivos especiais e fazer sua colocação no molde, fazer a desmoldagem do produto, levar o produto até a porta de saída do galpão, para que este, posteriormente pudesse seguir para as próximas operações (cada operação de desmoldagem exigia o empenho de duas pontes rolantes) e posicionar gabaritos para o perfeito alinhamento dos acessórios citados anteriormente.

Após este processo, o produto era colocado em cima de dispositivos móveis, projetados especialmente para transportá-los até a saída do galpão.

Cada molde tinha cerca de 50 m de comprimento por 6m de largura (quando abertos) e 3,5m de altura (quando fechados). Entre estes moldes existia um espaço de cerca de 4m, destinado à movimentação de pessoas e dispositivos. Devido a esta falta de espaço, dispositivos de movimentação e produtos acabados acabavam encontrando uma série de problemas relativos à movimentação, uma vez que não existia a possibilidade de movimentação de todos os materiais simultaneamente, resultando no “travamento” do fluxo de produção. Além do espaço, as pontes rolantes estavam sempre sendo empregadas em alguma atividade, e a atividade que vinha em seguida tinha que aguardar sua liberação para que pudesse realizar a movimentação. Com isto, ocorriam vários atrasos nos ciclos de produção.

Devido às características topográficas do terreno em declive (Figura 2), a empresa era dividida em três galpões em alturas de terrenos diferentes. A movimentação de peças entre os três galpões era realizada através de um pórtico móvel, extremamente lento e de difícil operação.

Figura 2: Vista superior da empresa



Fonte: Google Maps (2017)

Como solução para a redução dos tempos de movimentação, foi instalado um sistema tipo monovia que foi embutido na lateral externa dos galpões. O produto chegava ao dispositivo de movimentação por solo, todo o sistema era içado e levado até o topo da rampa. Desta forma passava-se a utilizar apenas um único dispositivo de movimentação aliado a um sistema simples de acionamento. Com isto, livrou-se o uso da ladeira para que produtos e acessórios pudessem descer ao mesmo tempo pelo solo. A velocidade de subida é muito maior, pois estando o dispositivo fixo na ladeira por meio de fundação, a estabilidade é muito mais alta, permitindo aumento da velocidade. O tempo de ciclo foi reduzido e a quantidade de produtos do lado de fora do primeiro galpão foi reduzida. Com esta medida, e visando o nivelamento de produção através do Heijunka, esta monovia pôde ser utilizada tanto para subida de produtos acabados, como para descida de acessórios até o primeiro galpão, utilizando-se o máximo de sua capacidade sem gerar gargalos.

Outra medida tomada foi com relação aos gargalos de ponte rolante. Como todos os dispositivos de içamento (árvores) possuíam dois pontos de pega, foram desenvolvidas modificações tanto em árvores de transporte, como gabaritos e árvores de içamento de acessórios,

para que as mesmas pudessem ser içadas por apenas um ponto de pega e, mesmo possuindo mais de 40 metros de comprimento, mantendo sua estabilidade.

2.1.4 Kaizen de Sistemas e Processos

Na Empresa, para o desenvolvimento e melhorias dos elementos de trabalho, da criação dos procedimentos operacionais padrão, medição e criação de metodologias de movimentação, foi criado um time multifuncional, com pessoas vindas da produção (líderes, operadores e especialistas), a fim de que, as melhorias propostas não fossem apenas teóricas mas tivessem o crivo de quem realmente está na linha de frente da operação.

2.1.5 - Capacitação Multitarefa

Os operadores da Empresa foram treinados nas diversas etapas do processo produtivo, desde a laminação, atividades de fechamento, suporte às equipes, tornando-se multifuncional, ou seja, um operador que trabalhava na equipe poderia suprir a falta de um operador da equipe B. Porém, apesar de haver essa multifuncionalidade, cada um desenvolveria as suas atividades em postos de trabalho específicos, garantindo o melhor desempenho no seu posto.

2.1.6 - Controle Visual do Processo

A exibição de medidas de desempenho no local de trabalho foi implementado na empresa, através de planilhas dispostas nos moldes com os horários específicos em que cada atividade deveria ser realizada e caso essa não fosse cumprida, os motivos deveriam ser apontados através de códigos padronizados.

Foram implementados sistemas Andon, que são botões instalados em cada molde, onde ao primeiro sinal de desvio da meta, é acionado pelo líder da peça e uma sinalização visual e sonora é enviada à Sala do Grupo de Ação Rápida-GAR. O GAR consiste de um Grupo Multifuncional composto por integrantes da: Manutenção, Segurança, Produção, PCP, Corte de Tecido, Abastecimento, Almoxarifado, Logística, Qualidade e Engenharia que se reúne diariamente para exposição dos principais problemas ocorridos e cobrança de ações de médio e longos prazos. As ações de curto prazo devem ser resolvidas em até 1 hora.

A exibição de gráficos de controle de qualidade foi implementada e passaram a ocorrer reuniões diárias (liderança direta) e semanais (gestores) para discussão dos problemas de qualidade e montagem dos planos de ação.

Portanto a identificação de problemas e a aplicação de soluções foram facilitadas, garantindo ao processo uma melhoria contínua e eficiente.

2.1.7 - Heijunka – Estabilização da Produção

O Heijunka, como discutido anteriormente, estabelece as premissas para o nivelamento da produção. Os estudos do cadenciamento dos moldes foram iniciados com filmagens dos processos de forma discreta, onde os operadores não sabiam que estavam sendo observados. Após centenas de horas de filmagens, dados foram analisados e compilados em gráficos, que demonstravam o caminho percorrido pelos operadores em torno do molde.

Foram criados os elementos de trabalho, que são as atividades desenvolvidas por cada operador em dada unidade de tempo, como exemplo: “Colocar Bancada na Raiz: 31 segundos”. Nas atividades de análise de um operador, nas filmagens realizadas, 81% dentro de 55 minutos não agregaram valor.

De posse desses dados, o Grupo formado para analisar as atividades e propor a nova forma de trabalho iniciou as análises dos elementos, um a um, eliminando os tempos desnecessários e que não agregavam valor e reduzindo os necessários de forma a agregar valor.

Nesse trabalho foram realizadas simulações manuais sobre a maquete de um molde, simulando o posicionamento de cada operador e as atividades que cada um deveria realizar em seu posto de trabalho.

Após esse trabalho de análises e simulações, que levou em torno de dois meses, foi iniciado o processo de validação, onde equipes reais foram montadas e treinadas de acordo com os POP's (Procedimentos Operacionais Padronizados) desenvolvidos especificamente para cada operador. Após o treinamento, iniciaram-se os trabalhos orientados em um molde específico, já montado de acordo com o projeto (estruturas para posicionamento de materiais, quadros-sombra para colocação de ferramentas e melhorias estruturais nos moldes desenvolvida pela Engenharia de Movimentação). As filmagens para validação foram realizadas para posterior ajustes e novas simulações.

O procedimento de trabalho daquela operação específica passou a ser colocado junto ao posto de trabalho, com as respectivas listas de treinamentos efetivos, que passaram a ser realizados em salas de treinamento. Desta maneira, todo o trabalho passou a ser padronizado e documentado.

Um ponto interessante a se comentar é que a colocação destes procedimentos nas estações de trabalho abriu margem para a melhoria de processo vinda dos próprios operadores. Notou-se a criação de uma consciência por parte da produção de querer sempre mais participar da elaboração de melhoria de processo, expondo sua opinião, marcando reuniões com a engenharia, fazendo um trabalho em conjunto. Para tanto, até procedimentos de colocação das pás no pátio para otimização de espaço foram criados, mais uma vez abrindo espaço para melhoria de layout, fluxo de materiais e espaço liberado em planta.

2.1.8 - Logística Lean

Na Empresa, a Logística Interna, antes sem foco e desorganizada, assumiu um papel de extrema importância dentro do sistema.

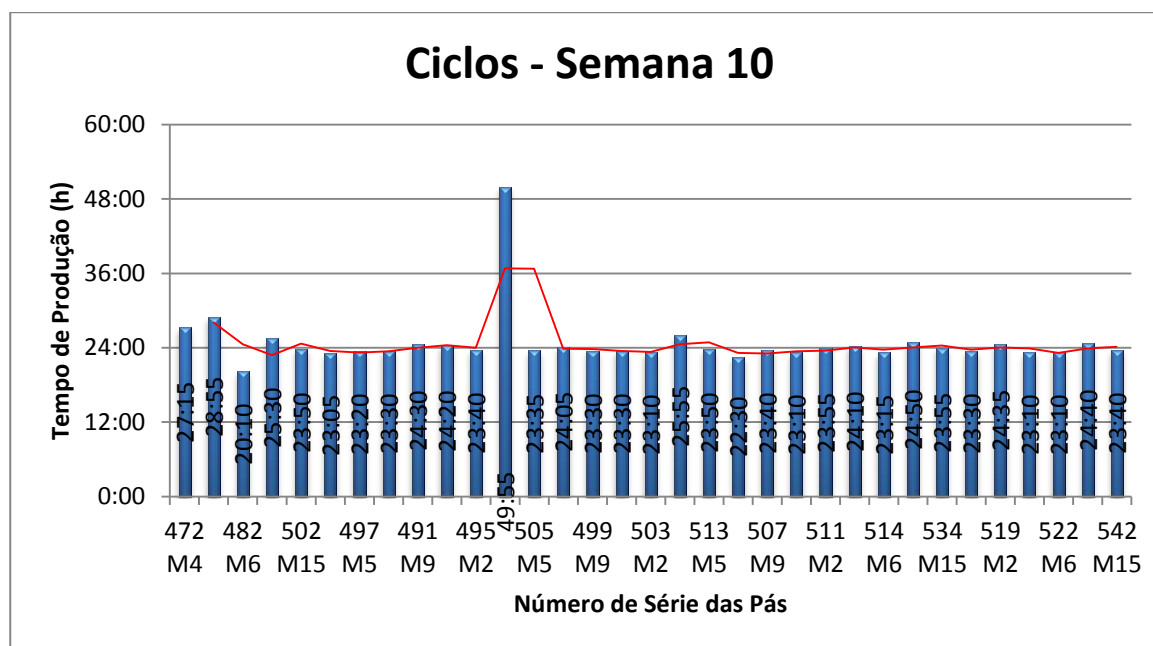
Foi criado um sistema de supermercado, suprido através de um cross docking, que por sua vez era abastecido pelo sistema de “milk run”, onde os materiais saem de um Centro de Distribuição (CD) a cada 2 horas, reduzindo em 90% os estoques na Planta e em contrapartida reduzindo os custos com giro de estoque.

Após a implementação do sistema, com os moldes cadenciados e sequenciados, o abastecimento passou a ocorrer conforme o horário de cada atividade ou subprocesso. Os Pontos de Uso passaram a ser abastecidos por operadores no momento certo, evitando-se desperdícios e movimentação desnecessária, o que melhorou o desempenho do “DNA” fortalecendo o conceito do operador cirurgião, que somente sai do posto de trabalho em horários determinados ou de extrema necessidade.

3. RESULTADOS ALCANÇADOS COM AS MUDANÇAS

No gráfico 3, observam-se os ciclos de produção de cada pá eólica na semana 10, após a implementação do sistema na ala A de Produção. Nota-se que, com relação ao estado inicial, obteve-se uma melhora extraordinária e um aumento de produção significativo, pois os ciclos, antes em torno de 40 horas, agora se estabilizam em 24 horas.

Gráfico 3 – Ciclos de Produção de Pás (h) na Empresa Pesquisada

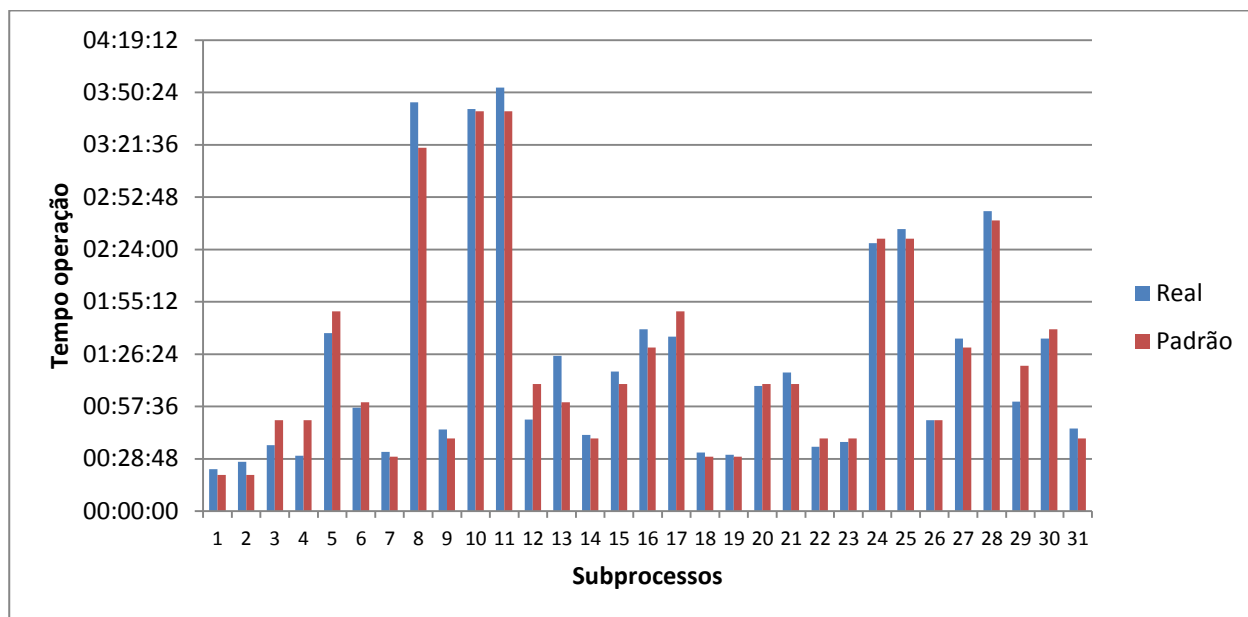


Fonte: elaborado pelo autor

No gráfico 3 pode-se observar que apenas um ciclo destoa dos demais, atingindo 48 horas. Um fato isolado, segundo a equipe responsável, devido a uma falha no molde onde a produção só pode ser retomada no dia seguinte, dentro da cadência, o que explica o tempo dobrado para sua produção.

No gráfico 4 observa-se uma aproximação bastante grande dos tempos realizados com relação ao padrão (média das pás produzidas na semana 10), diferente do que havia na situação inicial, com variações de 80% entre as atividades realizadas por diferentes times.

Gráfico 4 – Comparativo de tempos nas atividades de Produção da Pá



Fonte: elaborado pelo autor

Com a implementação do sistema de produção lean, conseguiu-se estabelecer parâmetros para previsibilidade do processo. Na tabela 1 é observado a previsão do processo para uma semana com base nos horários de fechamento das pás:

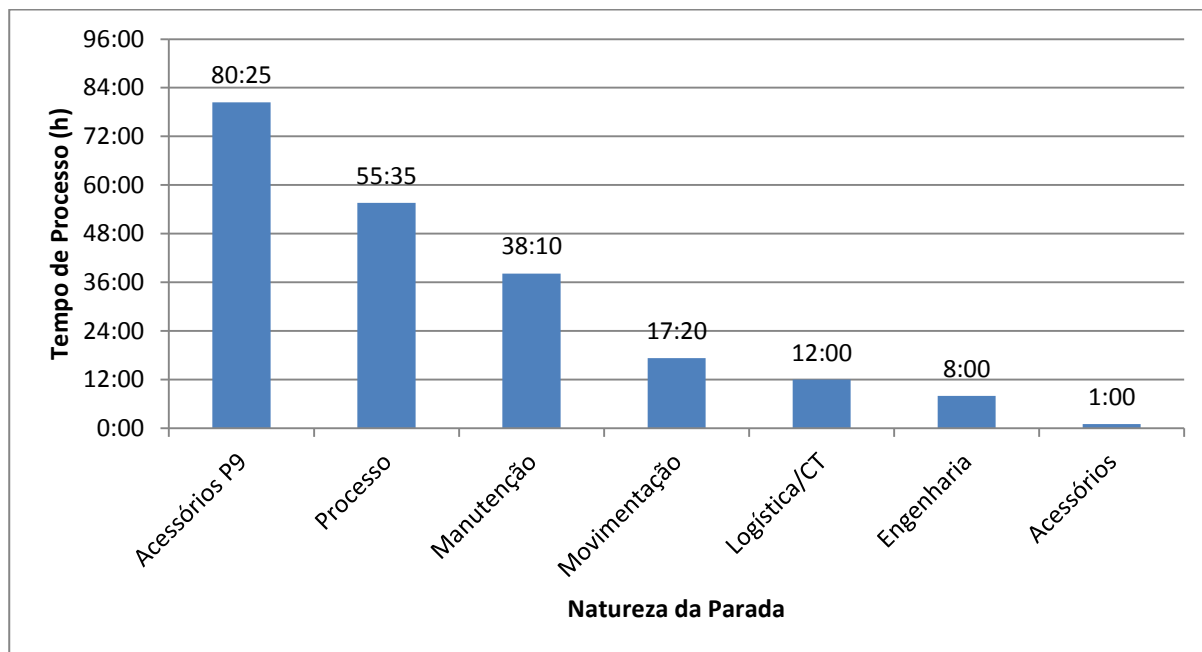
Tabela 1 – Previsão da produção na empresa

| Horário Fechamento Semana 26/5 22:30 | | Data e Horário Entrada dos Moldes | Pás Previstas/Mo | Fechamentos Previstos | | | | | | Folgas | |
|---|----------|--------------------------------------|---------------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| 48.7 Carbono | Molde 2 | 21/5 7:20 | 6,00 | 22/5 3:05 | 23/5 1:05 | 23/5 23:05 | 24/5 21:05 | 25/5 19:05 | 26/5 17:05 | 27/5 15:05 | 5:25 |
| | Molde 4 | 20/5 13:00 | 7,00 | 21/5 8:45 | 22/5 6:45 | 23/5 4:45 | 24/5 2:45 | 25/5 0:45 | 25/5 22:45 | 26/5 20:45 | 1:45 |
| | Molde 5 | 20/5 16:40 | 6,00 | 21/5 12:25 | 22/5 10:25 | 23/5 8:25 | 24/5 6:25 | 25/5 4:25 | 26/5 2:25 | 27/5 0:25 | 20:05 |
| | Molde 6 | 21/5 0:00 | 6,00 | 21/5 19:45 | 22/5 17:45 | 23/5 15:45 | 24/5 13:45 | 25/5 11:45 | 26/5 9:45 | 27/5 7:45 | 12:45 |
| | Molde 9 | 20/5 20:20 | 6,00 | 21/5 16:05 | 22/5 14:05 | 23/5 12:05 | 24/5 10:05 | 25/5 8:05 | 26/5 6:05 | 27/5 4:05 | 16:25 |
| 48.7 Vidro | Molde 15 | 21/5 3:40 | 6,00 | 21/5 23:25 | 22/5 21:25 | 23/5 19:25 | 24/5 17:25 | 25/5 15:25 | 26/5 13:25 | 27/5 11:25 | 9:05 |
| | Molde 8 | 20/5 17:00 | 6,00 | 21/5 13:40 | 22/5 13:40 | 23/5 13:40 | 24/5 13:40 | 25/5 13:40 | 26/5 13:40 | 27/5 13:40 | 8:50 |
| | Molde 11 | 21/5 2:00 | 6,00 | 21/5 22:40 | 22/5 22:40 | 23/5 22:40 | 24/5 22:40 | 25/5 22:40 | 26/5 22:40 | 27/5 22:40 | -0:10 |
| | Molde 14 | 20/5 12:00 | 6,00 | 21/5 8:40 | 22/5 8:40 | 23/5 8:40 | 24/5 8:40 | 25/5 8:40 | 26/5 8:40 | 27/5 8:40 | 13:50 |
| | Molde 19 | 20/5 7:00 | 5,00 | 21/5 3:40 | 22/5 3:40 | 23/5 3:40 | 24/5 3:40 | 25/5 3:40 | 26/5 3:40 | 27/5 3:40 | 18:50 |
| | Molde 6 | 20/5 22:00 | 5,00 | 21/5 18:40 | 22/5 18:40 | 23/5 18:40 | 24/5 18:40 | 25/5 18:40 | 26/5 18:40 | 27/5 18:40 | 3:50 |
| Nº Pás Fechadas Previstas | | | | 21/5 23:55 | 22/5 23:55 | 23/5 23:55 | 24/5 23:55 | 25/5 23:55 | 26/5 22:30 | | |
| 66 | | | | 10,00 | 11,00 | 12,00 | 11,00 | 12,00 | 10,00 | | |

Fonte: elaborado pelo autor com dados fornecidos pela empresa.

O apontamento dos tempos reais de processo (gráfico 3) através de processos secundários ou subprocessos permite observar os motivos das paradas e o tempo de impacto no ciclo do produto, conforme gráfico 5.

Gráfico 5 – Paradas no Processo de Fabricação da Pá (h)

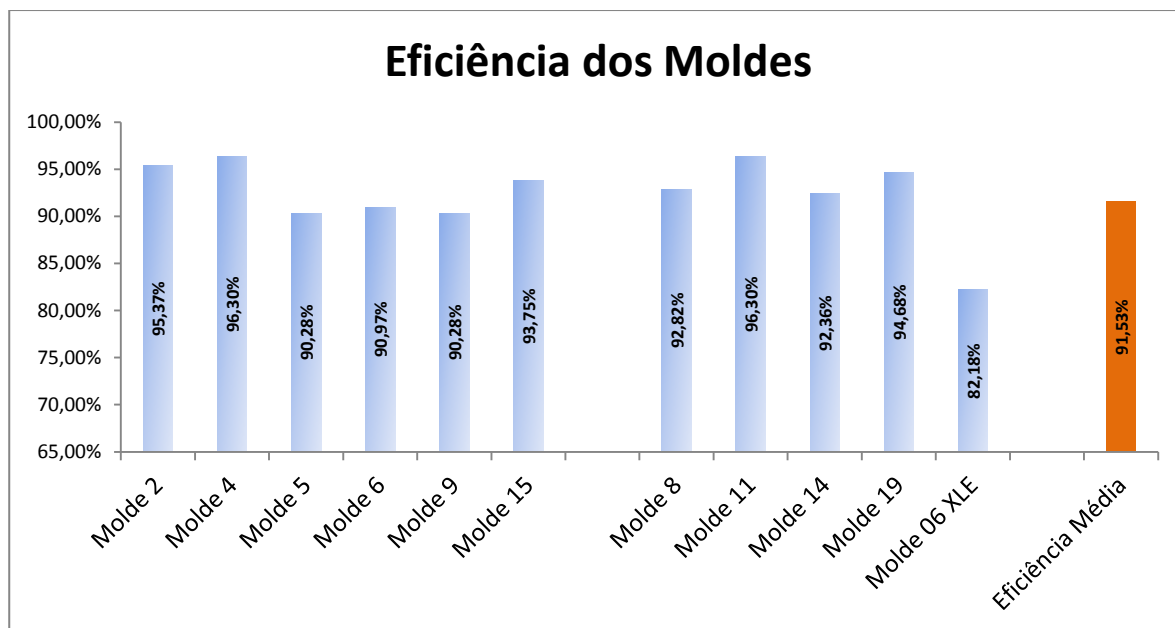


Fonte: elaborado pelo autor

Depois de finalizados os apontamentos (fechamentos semanais), a eficiência dos moldes passou a ser calculada através da equação a seguir, gerando o gráfico 6. A eficiência que no passado girava em torno de 70% passou a 91,5%:

$$\%E\text{fici\^e}ncia = \frac{\text{Horas efetivamente trabalhadas_molde}}{\text{Total de horas Dispon\^i}veis semana} \rightarrow \text{Total Horas - Paradas}$$

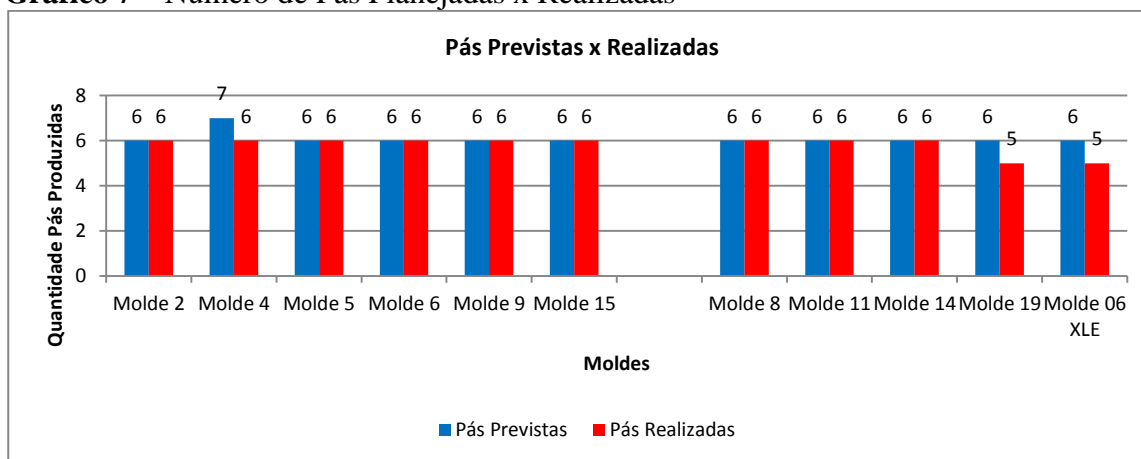
Gráfico 6 – Eficiência da Produção por molde em % na Empresa Pesquisada



Fonte: elaborado pelo autor

A tabela 1 permite ainda comparar o real com o planejado em número de pás produzidas conforme gráfico 7:

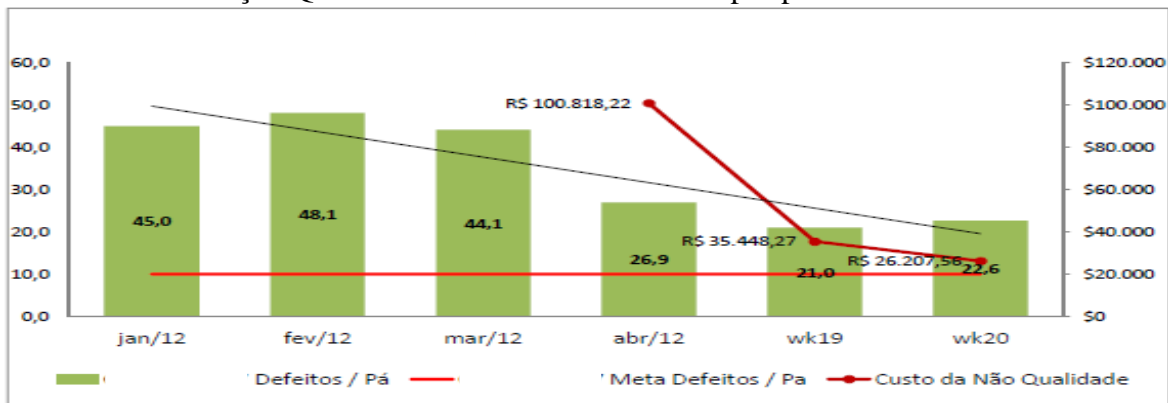
Gráfico 7 – Número de Pás Planejadas x Realizadas



Fonte: elaborado pelo autor

No gráfico a seguir é nítida a influência da estabilidade do processo sobre a qualidade do produto, onde a tendência da curva é decrescente:

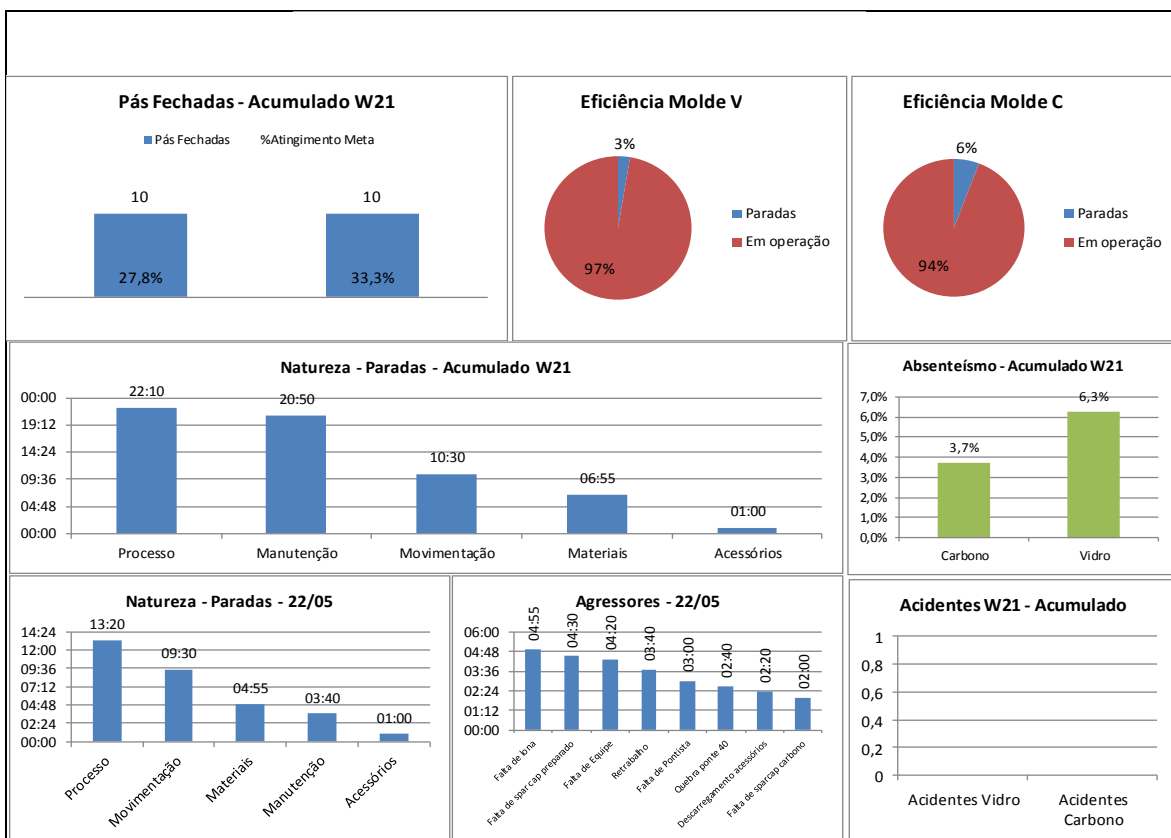
Gráfico 8 – Evolução Qualidade em número de defeitos por pá



Fonte: elaborado pelo autor

Com a estabilização do sistema, Dashboards diários com os resultados da produção passaram a serem produzidos para suporte as decisões da Gerência, conforme Figura 3:

Figura 3. Dashboard Diário aplicado na Empresa para suporte à Gerência



Fonte: fornecido pela empresa

CONCLUSÕES

O estudo analisou a implementação do Conceito do “Heijunka”, ou Nivelamento de Produção, em uma empresa produtora de equipamentos para geração de energia eólica, no interior do Estado de São Paulo. Os resultados apontaram que o projeto Lean na Empresa trouxe melhorias de produtividade, qualidade, segurança e nível de satisfação dos colaboradores, perceptíveis em todas as áreas da empresa, com um aumento de 50% na produção, reduzindo os ciclos de 40 horas.

O estudo comprova a eficácia da aplicação do conceito frente à necessidade de nivelamento da produção, problema comum entre empresas de diversos setores, e ilustra o passo a passo desta importante ferramenta de gestão pouco difundida. Comprova também que a adoção de ferramentas de gestão tem um grande potencial para a melhoria das condições produtivas das empresas, em especial no Brasil, onde boa parte das organizações tem altos custos e desperdícios associados à gestão inadequada de seus recursos produtivos.

Ressalta-se que o sucesso da aplicação desta, assim como outras ferramentas baseadas em conceitos oriundos do Sistema Toyota de Produção, depende do engajamento de toda a empresa com a filosofia Lean, o que não foi observado na totalidade na empresa analisada, como discutido ao longo do texto. Assim, fica como sugestão para pesquisas futuras a inclusão da mensuração do grau de comprometimento das empresas pesquisadas com esta ou outra filosofia de produção, bem como sobre a aplicação deste e de outros conceitos no ambiente produtivo.

REFERÊNCIAS

MONDEN, Y. **Toyota production system**: an integrated approach to just-in-time. 3ed. Norcross: Engineering & Management Press, 1998.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS D. **A máquina que mudou o mundo**. São Paulo: Campus, 2004.

Agradecimentos: O autor agradece os alunos do curso de Engenharia de Produção da Uniso, Luís Piotrowski e Luiz Leme, pela colaboração na coleta de dados inicial desta pesquisa, assim como todos os funcionários da empresa, sem os quais o trabalho não seria possível.

STUDY ON PRODUCTION LEVELING IN A INDUSTRY OF THE RENEWABLE ENERGY SECTOR

ABSTRACT: The present study addresses the applicability of the Heijunka Concept, a Production Leveling tool, which seeks a stable demand for resources, reducing the Lead Time of components and leveling the workload throughout the production process. For this, the implementation of this tool was approached in a production line of aerogenerators in an industry located in the interior of the State of São Paulo. The results show that such a tool has been able to improve the quality of both the finished product and the process, reducing the production cycle and increasing productivity, which has contributed to a leaner and less costly process, eliminating production bottlenecks and attending with precision customer demands.

Keywords: Production Leveling, Production Control, Lean Production, Heijunka.