

Aumento da produtividade em uma linha de tubos de aço sem costura: um estudo de caso

Gabriela Fonseca Parreira - Faculdade de Engenharia de Minas Gerais –FEAMIG - gabiparreira@gmail.com

Leonardo Soares - Faculdade de Engenharia de Minas Gerais –FEAMIG – leojsl@yahoo.com.br

Plínio Marcos de Souza - Faculdade de Engenharia de Minas Gerais –FEAMIG – plinio.souza@vallourec.com

Tiago Sanches de Oliveira - Faculdade de Engenharia de Minas Gerais –FEAMIG – tiago.sanches@vallourec.com

Wellington Henrique Correa - Faculdade de Engenharia de Minas Gerais –FEAMIG – wellington.correa@vallourec.com

Resumo: Diante da competição mercadológica, as empresas vêm adequando-se às necessidades de mercado, buscando novas formas de gerenciamento que aumentem sua produção e lucro. Uma das formas para se alcançar estes objetivos é o estabelecimento de novas tecnologias, que tendem a estabelecer um fluxo contínuo de produção, aumentando a produção e reduzindo o lead time, como exemplo, a manufatura enxuta. Sendo assim, este estudo buscou estudar soluções embasadas na produção enxuta na tentativa de sanar o problema de baixa produtividade encontrado na linha de produção de uma empresa de tubos de aço sem costura. Por décadas, os desperdícios oriundos de fluxos imprecisos, processo desnecessário ou demasiado fluxo do transporte têm perdurado, gerando perdas e desorganização das fábricas. Verificou-se que, com a implantação da produção enxuta, houve melhorias no processo de produção, economia de recursos e maior organização de fluxo, além do aumento no índice de produtividade utilizado pela empresa.

Palavras-chave: Produção enxuta; Lead time; Tubos sem costura.

1. Introdução

Considerando o mercado competitivo que as empresas estão enfrentando, as mesmas, devem estar atentas as novas oportunidades e ameaças no setor. As empresas que não se organizarem estrategicamente para o mercado globalizado tende a perder espaço. É necessária a busca de novas formas de gerenciamento, que façam integração de todos os setores. Esta interação pode torná-la mais competitiva com menos custos, qualidade e alta performance.

Neste cenário as empresas fornecedoras do setor de óleo e gás têm procurado se organizar estrategicamente, adotando metodologias e processos baseados na manufatura enxuta de modo que lhes permitam atender a demanda de seus clientes garantindo preço, prazo e qualidade.

O estudo deste trabalho se faz da necessidade de estabelecer um fluxo contínuo de produção em linha, aumentando a produtividade, reduzindo o lead time, permitindo o envio dos tubos laminados sem que haja necessidade de estoque intermediário, através de padronização das ferramentas empregadas no processo, redução dos ciclos de fabricação, melhorar a movimentação e orientar o melhor fluxo para o processo produtivo.

Pensando nisso, este trabalho tem como objetivo apresentar as melhorias no fluxo de produção em uma empresa fabricante de tubos de aços sem costura empregados na indústria de óleo e gás e ainda, analisar a redução de paradas nos gargalos do processo, visando à redução de movimentação, aumento da produção e harmonização entre os setores produtivos. Consequentemente, ter-se um melhor aproveitamento dos recursos, segurança dos profissionais envolvidos, promovendo a interação com o meio ambiente, bem como uma melhor flexibilidade do processo, dentro do espaço fabril com isso, o aumento da produção, e dessa forma aumentar o índice *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) para 48% no acumulado de 2014.

O objetivo deste artigo é aumentar o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) por meio de aplicação de técnicas de manufatura enxuta que auxiliem na redução de desperdícios na linha de produção de tubos de aço sem costura.

2. Referencial Teórico

2.1 Manufatura enxuta

A Manufatura Enxuta é uma teoria embasada nos conceitos produtivos do Japão pós Segunda Guerra Mundial, época em que as empresas japonesas perceberam a necessidade do setor automobilístico, em especial a Toyota, de desenvolver métodos mais eficazes na fabricação de veículos, resultando em um sistema de produção também conhecido como Sistema Toyota de Produção, conforme colocado por Shingo (1996).

Para a implementação deste sistema, faz-se necessário uma mudança de pensamento de todo o sistema organizacional de uma empresa, abrangendo desde a alta gerência até os operadores. O processo deve ser conhecido por todos, pois isso possibilita a detecção de oportunidades de melhorias para o mesmo. Na Manufatura Enxuta, combinações de técnicas tem o intuito de produzir mais, com menos recursos de produção, diferenciando-se tanto da produção artesanal quanto da produção em massa. Se retrocedermos na história, veremos que a produção artesanal exigia trabalhadores altamente qualificados e habilidosos no uso de ferramentas manuais. Dessa forma os produtos eram produzidos de acordo com as especificações dos compradores, ocasionando assim peças geralmente únicas. Porém, na Produção em massa, especialistas desenvolviam os produtos que eram, geralmente, fabricados em um alto fluxo no processo (SHINGO, 1996).

Para Rozenfeld et al. (2006) a manufatura enxuta tinha por objetivo a geração de vantagem competitiva, além de agregar valor ao produto e buscar o aperfeiçoamento do processo, reduzindo ao máximo os desperdícios na linha de produção. Assim, diversos setores usam desta filosofia como forma de buscar o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) mais eficiente. Um PDP bem estruturado torna a empresa mais competitiva, além de gerar um alto nível de satisfação aos seus clientes, lembrando que o processo é a espinha dorsal da empresa, e quando bem estruturado, pode reduzir o tempo de lançamento de um produto em 50%. Deve-se ressaltar que esta redução está relacionada ao sucesso da identificação e solução de problemas antecipadamente, havendo assim, uma economia de tempo e de gastos (ROZENFELD et al., 2006).

Silva; Neves; Silva (2011) refere que a manufatura enxuta é uma estratégia de negócios para aumentar a satisfação dos clientes por meio da otimização dos recursos. Esta filosofia operacional é utilizada para alinhar, na melhor sequência, as ações que criam valor, com menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e espaço, fazendo com que o trabalho seja mais satisfatório, oferecendo retorno imediato sobre os esforços para transformar desperdício em valor.

Também conhecida como filosofia Lean, a manufatura enxuta tem como escopo aproveitar ao máximo a capacidade produtiva da empresa para criar valor aos clientes, ocupando plenamente os recursos investidos em máquinas, equipamentos, instalações, materiais e pessoas, conforme colocado por Ferro (2008). Este autor coloca ainda que, o passo inicial para implantação desta filosofia deve ser a elaboração do mapa do fluxo de valor. O projeto do estado futuro e o plano de ação indicarão as melhorias necessárias para fazer o produto fluir, sem esperas e retrabalhos. Assim, a empresa produzirá apenas o necessário, reduzindo o lead time e os estoques desnecessários. Para a viabilização desta implantação, deve-se:

- a) Aumentar a disponibilidade das máquinas e de equipamentos mediante manutenção adequada;
- b) Dar solução imediata aos problemas;
- c) Efetuar a troca rápida de ferramentas para facilitar as mudanças de modelos. Com essa redução dos estoques, a empresa terá maior capacidade de resposta e obterá maior espaço físico, este antes improdutivo, pois era usado para abrigar estoques em excesso. A melhoria dos níveis de qualidade, com a adoção de práticas da qualidade construída no processo, e a correta utilização do trabalho padronizado e do nivelamento também servirão para liberar capacidade e reduzir custos, produzindo o dobro do volume original com as mesmas máquinas, equipamentos e pessoas, e ainda com custos menores, menos área ocupada e melhor qualidade (FERRO, 2008).

Ao utilizar os conceitos Lean, as empresas podem adiar ou reduzir os investimentos em um primeiro momento, fazendo com que haja um substancial aumento da produtividade e da economia como um todo, a médio e longo prazo, garantindo uma efetiva retomada do crescimento econômico e aumento do emprego em bases muito mais sólidas e sustentáveis (FERRO, 2008).

2.2 Os desperdícios dos sistemas de produção

De acordo com Liker (2005) as empresas acumulam muito mais perdas do que atividades que agregam valor aos produtos, considerando-se como desperdício todo e qualquer recurso em que se gasta além do necessário na produção de um produto.

No Taylorismo, segundo Antunes (2008) duas eram as principais causas de desperdícios neste sistema: a falta de percepção por parte dos donos de empresas da época e os métodos ineficazes de gestão que na época eram utilizados. Ainda segundo este autor, no Fordismo, ainda que existisse a intenção de economizar em matérias primas, esta não era uma prioridade, sendo latente naquele momento a necessidade de poupar o trabalho exercido por operários na transformação dos materiais em produtos acabados. Assim, enxergava-se o desperdício de mão de obra utilizada no processo de transformação dos materiais como principal fonte de desperdício.

Já no caso do Toyotismo, Liker (2005) identificou sete tipos de desperdícios sem agregação de valor aos produtos, que clientes não estão dispostos a pagar, fazendo com que as empresas acumulem perdas ou busquem ferramentas para reduzi-las. Os desperdícios identificados pela Toyota são:

- a) Superprodução: produzir acima dos pedidos requeridos pela demanda dos clientes ou produzir antecipadamente muito acima do necessário. Este tipo de desperdício gera outras perdas, tais como estoque, transporte e custo com pessoal;
- b) Espera: estas são decorrentes da falta de materiais a serem processados, que causam ociosidade na linha de processo produtivo. Podem ser provocados por falta de matéria prima, insumos, quebras de equipamento ou ainda por falta de transporte;
- c) Transporte: a movimentação de produtos de um local para outro, mesmo que em curtas distâncias, ou até mesmo a movimentação de produto acabados;
- d) Processamento: acrescentar mais atividades (trabalho) ou esforço do que o requerido para processar as peças;
- e) Estoque: o excesso de matéria prima, estoques entre processo e estoque de produtos acabados exige capital de giro para sua manutenção, portanto, é considerado dinheiro parado;

- f) Deslocamento desnecessário: deslocamento que o funcionário faz durante seu turno de trabalho que não seja para agregar valores ao produto, tais como: procurar o líder, ferramentas, etc.;
- g) Defeitos: retrabalho de produtos defeituosos e inspeção se caracteriza como desperdícios de tempo, de manuseio e de esforços.

Ainda é possível citar um oitavo desperdício, que é, talvez, um dos mais perniciosos vícios em um sistema de produção. Fala-se do desperdício intelectual. Ele acontece quando o potencial humano não é explorado de modo eficiente nas empresas (LIKER, 2005).

2.3 Arranjo físico na manufatura

Peinado; Graeml (2008) infere que, tendo escolhido o tipo de processo de manufatura e as prioridades competitivas da estratégia de produção, segue-se então para o arranjo físico (lay out), o qual trata da localização e organização física dos recursos de transformação. Segundo Slack; Chambers; Johnston (2002) o arranjo físico de uma operação produtiva concerne ao posicionamento físico dos recursos de transformação. Para este mesmo autor, o arranjo físico é uma das características mais importantes de uma empresa, pois define o posicionamento das instalações, máquinas, equipamentos e funcionários com o intuito de aumentar a produtividade e alcançar melhores condições de segurança para o posto de trabalho, determinando ainda a maneira segundo a qual recursos transformados, materiais, informações e clientes, fluem para a operação.

Ainda segundo Slack; Chambers; Johnston (2002) as decisões a respeito do arranjo físico são muito importantes, pois uma mudança neste arranjo é uma atividade difícil e de longa duração em razão das dimensões físicas e dos recursos de transformação movidos, além de interromper o funcionamento suave. Quando a concepção do arranjo físico está errada, pode ocorrer fluxos longos ou confusos, estoques de materiais, longos tempos de processamento, fluxos imprevistos, altos custos e inconveniências para os clientes.

Martins e Laugení (2005) definem que os fatores importantes para serem considerados em um projeto de arranjo físico são:

Otimizar as condições de trabalho do pessoal nas diversas unidades organizacionais;

- a) Racionalizar os fluxos de fabricação ou de tramitação de processos;
- b) Racionalizar a disposição física dos postos de trabalho, aproveitando todo espaço útil disponível;
- c) Minimizar a movimentação de pessoas, produtos, materiais e documentos da ambiência organizacional.

Para Slack; Chambers; Johnston (2002) para que um projeto tenha como considerado um bom arranjo físico, os seguintes requisitos devem ser atendidos:

- a) Segurança inerente – os trajetos devem ser marcados de forma clara e mantidos livres;
- b) Extensão do fluxo – reduzir ao máximo as distâncias percorridas pelos recursos transformados;
- c) Clareza de fluxo – o fluxo de materiais e clientes deve ser claro e evidente;
- d) Conforto da mão-de-obra – deve ser alocada em locais distantes de partes barulhentas ou desagradáveis da operação, sempre que possível em um ambiente ventilado e iluminado;
- e) Coordenação gerencial – supervisão e coordenação devem ter fácil localização da mão-de-obra e dispositivos de comunicação;
- f) Acesso – todas as máquinas, equipamentos e instalações devem permitir adequada limpeza e manutenção;
- g) Uso do espaço – deve permitir o uso adequado do espaço disponível na operação;

h) Flexibilidade de longo prazo – devem permitir mudanças à medida que as necessidades da operação mudam .

3 Metodologia da Pesquisa

Pesquisa é o processo sistemático de investigação e de construção de conhecimento a respeito de um problema do qual se espera conseguir informações claras e objetivas, conseguindo relacionar essas informações com o problema pesquisado.

A pesquisa é realizada através de conhecimento disponível, juntamente com métodos, regras e outras ações de cunho científico. Através do projeto de pesquisa, procura-se definir e entender o problema e através disso propor soluções e ainda criar possibilidades de se realizar novas pesquisas sobre o assunto em questão.

3.1 Pesquisas quanto aos fins

Toda e qualquer classificação se faz mediante algum critério. Com relação às pesquisas, é usual a classificação com base em seus objetivos gerais. Assim, é possível classificar as pesquisas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas (GIL, 2002).

Fundamentados nos argumentos de Gil (2006), a presente pesquisa utiliza conceitos de pesquisa exploratória, já que neste caso busca-se entender a dinâmica da filosofia *lean* empregando seus conceitos aqui apresentados.

3.2 Pesquisas quanto aos meios

Quanto aos meios, esta pesquisa se caracteriza como estudo de caso, que YIN (2001, p.102) define como uma pesquisa empírica que “investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real; especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos”.

O presente estudo de caso tem como foco de investigação uma linha de produção de tubos de aço sem costura em uma empresa siderúrgica situada na cidade de Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais. Para representar esta empresa adotou-se uma amostra intencional não probabilística.

3.3 Organização em estudo

A empresa em questão não autorizou a divulgação de seu nome, de forma que neste trabalho ela será tratada por “TDS”.

A TDS é uma empresa de grande porte, possuindo cerca de 4.500 funcionários, trabalhando com soluções tubulares de alta qualidade, atuando no mercado automobilístico e na indústria em geral, sendo que, neste último, desenvolve tubos condutores, tubos de termogeração, tubos semiacabados, tubos mecânicos, tubos para gasoduto, para aplicações petrolíferas e para construção civil.

A sua Usina em Belo Horizonte, Minas Gerais, atua de forma integrada, ocupando uma área de aproximadamente três milhões de metros quadrados. Com capacidade para produzir cerca de 550 mil toneladas de tubos por ano, é o complexo siderúrgicos mais moderno e bem equipado, tendo por composição 2 altos-fornos, 1 aciaria, 2 laminações, 2 unidades de têmpera e revenimento, 1 trefilaria, 1 planta de acabamento de tubos petrolíferos e 1 forja.

Os tubos de aço sem costura da TDS abastecem o mercado nacional e internacional, passando por rigorosos sistemas de avaliação em função de garantir um alto grau de qualidade e uniformidade dos seus produtos.

4 Resultados

Para apresentar os resultados, o grupo de trabalho utilizou-se de visitas técnicas orientadas, informações fornecidas pelos gestores da linha e dados gerados pela própria empresa para identificar pontos de desperdícios que contribuía na parada da linha produtiva, consequentemente perda de produção, o estudo teve início no mapeamento do processo produtivo. Na figura 1 é apresentado um diagrama esquemático de como ocorre o processo de produção de tubos de aço sem costura.

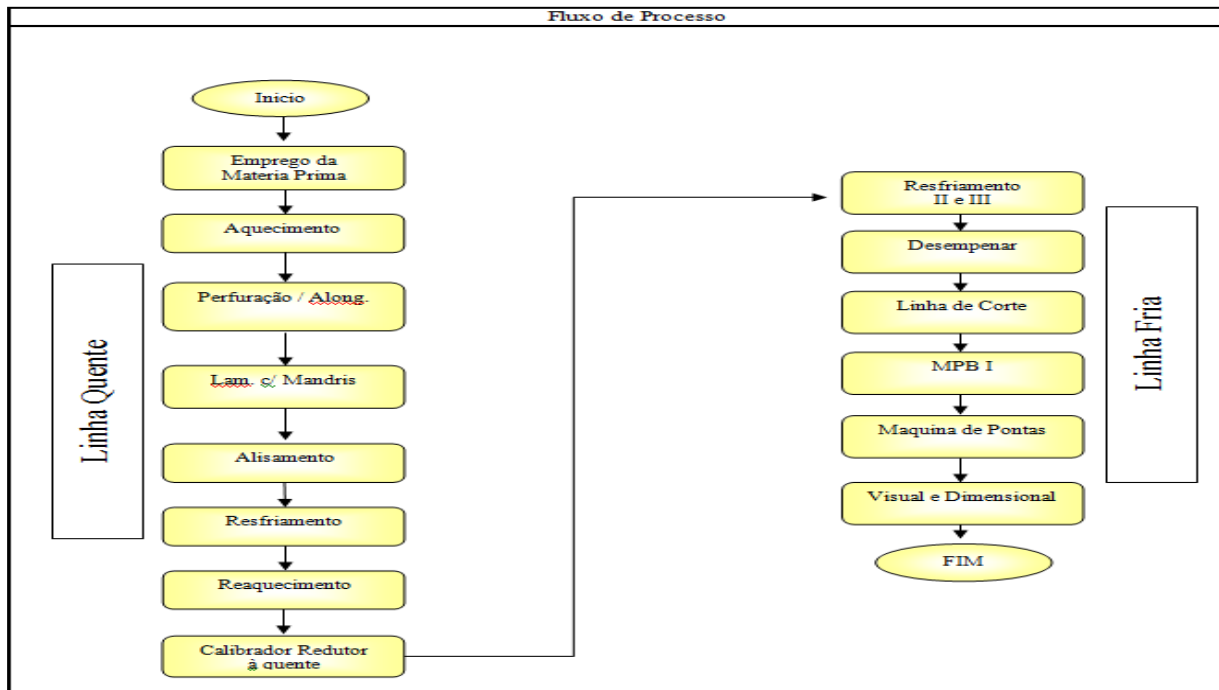


Figura 1 - Fluxo de processo da linha de fabricação de tubos de aço sem costura. Fonte: Autores, 2013

Neste processo contínuo de arranjo linear verificou-se que nas operações da linha de corte, *Multi Proof Block (MPB)* e máquina de pontas estariam ocorrendo interrupções, que por sua vez incidem negativamente no índice OEE, que é calculado multiplicando-se a disponibilidade do equipamento em produzir (quanto tempo o equipamento funciona por período) a eficiência demonstrada durante a produção (cadência de produção) e a qualidade do produto obtido (produtos com a devida qualidade). Segue abaixo a equação do cálculo do OEE:

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência \times Qualidade$$

Os problemas que ocorrem na linha fria são divididos em 4 tipos, sendo eles:

- Não ritmo: Laminador operando abaixo de seu ritmo de produção.
- Manutenção: Laminador parado por quebra em qualquer equipamento da linha, aguardando a manutenção corretiva.
- Operação: Laminador parado por algum motivo operacional em qualquer parte da linha. Este motivo, na maioria das vezes, está ligado a gestão.
- Set up: Laminador parado para troca de bitola (preparando para rodar).

Uma vez estratificados os motivos das perdas na linha fria e principalmente no laminador, criou-se junto ao departamento de desempenho da empresa, um comitê, composto

pelos gestores da linha, pelos alunos envolvidos neste estudo de caso e pela equipe técnica. Este comitê buscou discutir potenciais soluções para os problemas referidos em curto prazo.

Após discussão do comitê de desempenho da empresa e com base no tempo de ciclo, decidiu-se criar grupos de melhoria intensiva para atuar nas perdas de operação que ocorrem na linha fria, esta composta pelos leitos de resfriamentos 2 e 3, Desempenadeira, Serra, ensaio eletromagnético (MPB), Máquina de Pontas e Banca de inspeção visual e dimensional, sendo criados três grupos de trabalho, que são:

- a) Grupo de Serras – Linha de Corte;
- b) Grupo de Inspeção – Inspeção Eletromagnética MPB;
- c) Grupo de Inspeção – Inspeção Eletromagnética Máquina de pontas.

Após criação de grupos de trabalho para as três operações citadas acima, cada grupo tinha por objetivo identificar dentro de seus processos as principais perdas produtivas, propondo e implementando ações necessárias.

O grupo de trabalho das serras identificou que o atraso na produtividade se dava por falta de padronização e pela gestão deficiente dos equipamentos. Dessa forma, de acordo com a causa, foram propostas e implementadas as seguintes ações:

- Causa: Operadores utilizando a mesa de saída das serras como estoque intermediário, criando ociosidade no processo;
- Ação: Instalar lâmpada giroflex na mesa de saída, que limitará o acúmulo em 4 itens. Após este limite de acúmulo, o giroflex aciona o líder da área.



Figura 2 - Layout antes e depois da ação. Fonte: TDS, 2014

A instalação do giroflex na mesa de saída proporcionou um ganho significativo, já que no estoque onde antes ficavam armazenadas 15 peças, passou a ficar armazenada apenas 1 peça (com capacidade para 4), reduzindo assim o *lead time*. Com a padronização na distribuição dos fluxos nas serras I, II, III e IV houve ainda um ganho referente a organização e continuidade de fluxo.

A inspeção eletromagnética também é chamada de ‘*Multi Proof Block*, MPB I’, que realiza a inspeção nos tubos, tendo por finalidade detectar discontinuidades na superfície externa e interna dos tubos. O grupo de trabalho do MPB I identificou que o alto índice de indicação nos tubos era o motivo da geração de atraso na linha fria (gargalo). A partir daí, criou-se um plano de ação para reduzir as indicações sem que ocorresse perda de qualidade. Assim sendo, planejaram-se as seguintes ações para as causas específicas:

- Causa: Tubo padrão de referência desgastado gerando falhas na regulagem.
- Ação: Confeccionar tubos padrões necessários para substituir os tubos padrões desgastados; criar um procedimento operacional para regulagem da sensibilidade do equipamento; testar mensalmente o padrão nas quatro posições (0°, 90°, 180° e 360°).

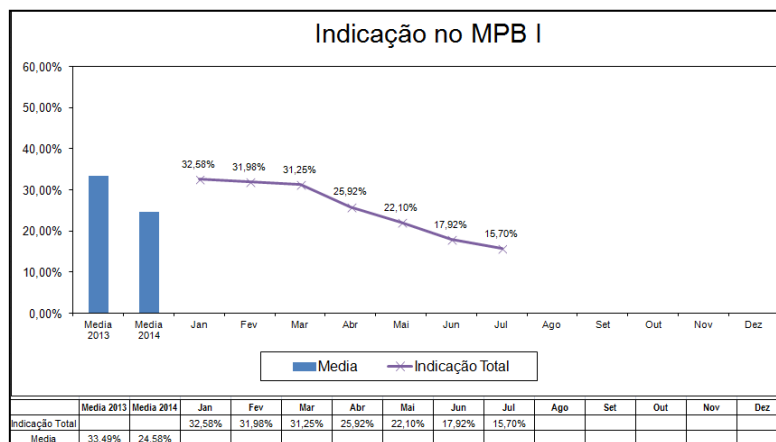


Figura 3: Indicações no MPB-I. Fonte: TDS, 2014

Grupo de Inspeção Eletromagnética MPB-I: A criação de um procedimento operacional para regulagem da sensibilidade do equipamento, bem como a realização de testes mensais nas quatro posições deste (sendo em 0°, 90°, 180° e 360°) e a realização, quando necessário, do ajuste da sensibilidade, causou significativa diminuição nas indicações que eram motivo de criação de gargalo no MPB-I. Conforme figura 3, apresenta o gráfico com o acumulado das indicações nos anos de 2013 e 2014, bem como o volume das indicações mensais de janeiro a julho de 2014, onde pode-se verificar a diminuição das indicações deste equipamento.

O grupo de trabalho das máquinas de pontas identificou que, o tempo de ciclo para este processo estava com 53 segundos, ou seja, 13 segundos acima do tempo de ciclo do perfurados, isso estaria gerando gargalo neste processo.

- Causa: Número de voltas dos tubos em seu eixo para inspeção das pontas acima do necessário para garantir uma inspeção com qualidade.
- Ação: Reduzir para 2,5 voltas dos tubos em seu eixo.

A tabela abaixo apresenta o impacto que a redução no número de voltas de 3,5 para 2,5 tem sobre o tempo que o produto fica submetido a esta etapa do processo.

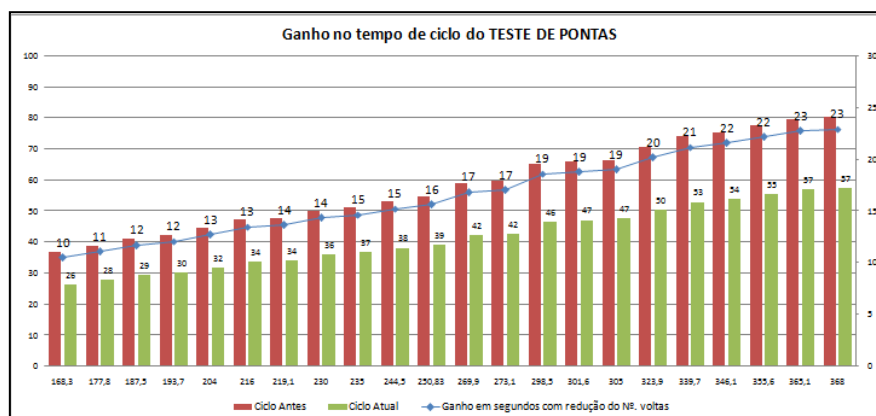


Figura 4: Ganho no tempo de ciclo do teste de pontas. Fonte: TDS, 2014

Após identificação das causas que geravam perdas de operação na ajustagem e implementação das ações proposta pelos grupos atuantes, pode-se verificar no gráfico da figura 5 abaixo, que as medidas tomadas incidiram diretamente no índice OEE do laminador, que passou a apresentar resultados condizentes com o esperado após a implantação de tais técnicas.

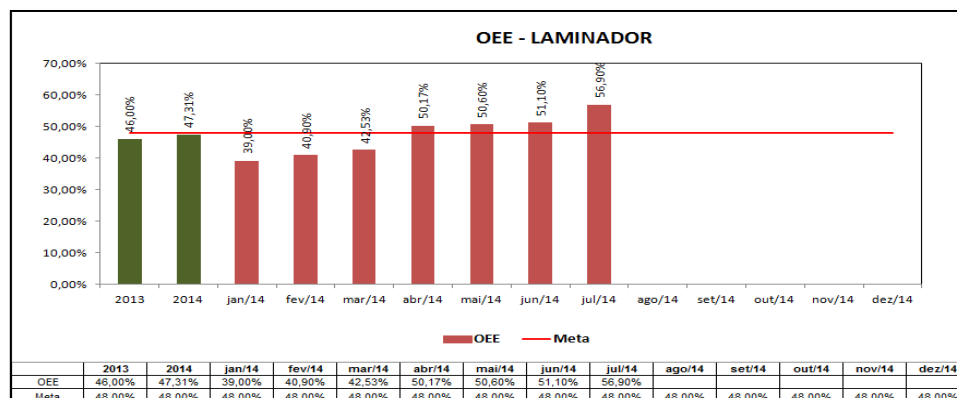


Figura 5 - Índice OEE do laminador. Fonte: TDS, 2014

5 Considerações Finais

Com a realização deste estudo, verificou-se que na linha fria, ajustagem da laminação de tubos de aço sem costura necessitava de um ajuste nos tempos, uma vez que este processo operava com tempo superior ao necessário, causando assim, a necessidade de aumentar o tempo de processamento do laminador ou até mesmo interromper o processo, desencadeando ainda a necessidade de local para estoque dos produtos do laminador.

Estas ações comprometiam o índice OEE - “Overall Equipment Effectiveness” principal ferramenta de gestão operacional para o direcionamento da empresa em tomadas de decisões que envolvem o gerenciamento do processo produtivo, uma vez que abrange todas as questões relativas à disponibilidade, qualidade e desempenho da organização em estudo.

As análises das causas e ações assertivas no gargalo identificado permitiu uma melhoria contínua da utilização de equipamentos. O indicador OEE permitiu identificar em que parte do processo encontravam-se as perdas podendo assim quantificar os problemas detectados de um modo assertivo, já que este indicador permite avaliar a eficiência do equipamento (laminador perfurador) e os efeitos das ações de melhoria desenvolvidas para tornar os equipamentos e processos mais eficazes e conseqüentemente, gerarem mais valor para a empresa.

Neste estudo de caso, buscou-se o aumento deste índice em um momento em que a capacidade produtiva estava abaixo da necessidade da empresa. O estudo mostra um acréscimo de 1,37% no acumulado de janeiro a junho de 2014. É importante salientar, entretanto, que são necessárias análises para identificar qual é o custo das ações corretivas, sendo esta relação que direcionará quais ações serão definitivamente padronizadas. Outra consideração importante é que as decisões baseadas em indicadores, como é o caso do OEE, só serão efetivas se os indicadores refletirem a realidade da organização. O envolvimento dos empregados no apontamento das paradas é de suma importância na utilização destes indicadores, portanto este estudo observou que ao início dos trabalhos a organização em questão realizou um treinamento com todos os operadores para demonstrar a todos a necessidade de capacitação da equipe de trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Junico. et al. **Sistemas de produção**: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FERRO, José R. **O Movimento Lean no Brasil e no mundo**. Lean Institute Brasil. São Paulo, 2008. Disponível em: <www.lean.org.br/artigos>. Acesso em: 10 jun.2009.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- LIKER, J. K. **O Modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: UNICENP, 2007
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SILVA, Thassio R. A. da; NEVES, Tainan R de O.; SILVA, Ruy Gomes da. Inovação Tecnológica e propriedade intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na consolidação do Brasil no cenário econômico mundial. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 31º, 2011, Belo Horizonte. **A implantação de ferramentas baseadas na mentalidade enxuta como diferencial competitivo**. Belo Horizonte: ENEGEP, 04 out.2011. p.2.
- YIN, Robert. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.