

AVALIAÇÃO DE UM LABORATÓRIO MECÂNICO POR MEIO DA APLICAÇÃO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Juliana Cássia de Souza Caliar (Universidade Federal de Itajubá) julianacassiacaliari@gmail.com

Kleyton Silva Teixeira (Universidade Federal de São João Del Rei) kleyton.engprod@gmail.com

Lara Barbosa Silveira (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais) larabs@gmail.com

Angélica Franciele Pereira (Universidade Federal de São João Del Rei) angelicafranciele@live.com

Wilson Trigueiro de Sousa Junior (Universidade Federal de São João Del Rei) wilson.trigueiro@ufsj.edu.br

Resumo:

No cenário econômico atual para as empresas se manterem competitivas e corresponder às expectativas dos clientes é fundamental possuir um sistema de produção eficiente, com qualidade, preços acessíveis e com um *lead time* baixo. Assim, a adoção do sistema de produção *Lean* torna-se um diferencial para identificar e eliminar desperdícios no fluxo de valor buscando a melhoria contínua e satisfação dos clientes. O presente trabalho consistiu em avaliar o fluxo de valor do processo de análise de amostras mecânicas em um laboratório mecânico de uma siderúrgica que apresentava um *lead time* acima da meta. Para isso, foi empregado o Mapeamento do Fluxo de valor (VSM), uma das ferramentas *Lean* que representa de forma visual todas as etapas envolvidas em um fluxo de valor. Desse modo, foram obtidos dados de janeiro a agosto de 2016 que possibilitaram realizar uma análise do processo, detalhando a situação atual e projetando uma situação futura com o objetivo de identificar desperdícios ao longo do fluxo e reduzir o tempo de processo. Como resultado foi possível reduzir em 46,3% do *Lead time*, 10,5% do Valor agregado/Tempo de processamento, 48,9% NVA.

Palavras chave: *Lean Manufacturing*, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), *lead time*.

EVALUATION OF A MECHANICAL LABORATORY THROUGH THE APPLICATION VALUE STREAM MAPPING IN A MECHANICAL LABORATORY

Abstract:

In the current economic scenario for companies to remain competitive and meet customer expectations, it is essential to have an efficient production system with quality, affordable prices and a low lead time. Thus, the adoption of Lean production system becomes a differential to identify and eliminate waste in the flow of value seeking continuous improvement and customer satisfaction. The present work consisted in evaluating the flow of value of the process of analysis of mechanical samples in a mechanical laboratory of a steel mill that presented a lead time above the target. For this, we used the Value Stream Mapping (VSM), one of the Lean tools that visually represents all the steps involved in a value stream. Thus, data were obtained from January to August of 2016, which made it possible to carry out a process analysis, detailing the current situation and projecting a future situation in order to identify wastes along the flow and reduce the process time. As a result, it was possible to reduce by 46.3% Lead Time, 10.5% Value Added / Processing Time, 48.9% NVA.

Key words: *Lean Manufacturing*, *Value stream mapping*, *lead time*.

1. Introdução

Atualmente as empresas estão inseridas em um ambiente global dinâmico, motivando os clientes a serem mais exigentes com relação à qualidade, preço e tempo de entrega dos produtos (*lead time*), sendo necessária a busca por novas tecnologias, métodos, processos e

inovações que possam garantir a satisfação dos clientes, e ao mesmo tempo reduzir custos e desperdícios (PIZZI et al., 2015).

Diante destas mudanças, vê-se a adoção de sistemas de produção que mantem as organizações competitivas, como a ferramenta *Lean*, que consiste de um conjunto de metodologias e princípios usados para agregar valor ao cliente, melhorar a qualidade e diminuir os custos (COETZEE; VAN DER MERWE; VAN DYK, 2016).

O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* é um exemplo de ferramenta *Lean*, que consiste de uma representação visual detalhada de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender os clientes, desde o pedido até a entrega. O MFV projeta uma situação futura, identificando desperdícios ao longo do fluxo e possíveis melhorias a serem adotadas (FORNO et al., 2014).

Uma melhoria que pode feita pelo MFV é a redução do indicador *lead time* da análise de amostras mecânicas, pois quanto menor seu valor, mais rápido os clientes recebem os resultados das análises e tomam suas decisões, reduzindo assim o risco de produzir ou liberar tubos com defeitos. O cálculo do indicador inicia no processo de recebimento de amostras e termina quando os resultados são divulgados para os clientes internos.

Diante das exigências do mercado e dos resultados que MFV pode alcançar em uma empresa, este trabalho tem o objetivo de avaliar o processo de análise mecânica de amostras de tubos de aço e barras produzidos em uma siderúrgica por meio da aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), reduzir o *lead time*, identificar desperdícios e sugerir melhorias.

Todas as amostras de tudo de aço e barras produzidos na empresa passam pelo controle de qualidade do Laboratório de Mecânica (LAB) antes de serem liberadas para despacho. O LAB fazia análise nos itens produzidos segundo o ritmo da produção, ou seja, quantas mais barras e tubos produzidos, mais análises deveriam ser feitas.

Nesta empresa, o *lead time* apresentava valores altos, acima da meta, e conseqüentemente, ocasionava atrasos no envio de informações para os clientes internos do LAB, ocasionando atraso no despacho dos tubos e barras, reclamações das áreas produtivas dependentes de análises, falta de qualidade e aumento nos custos.

O LAB tem um papel importante nesta empresa, pois é ele que identifica defeitos na produção, podem ajudar as áreas produtivas a tomarem as decisões necessárias para evitar e diminuir falhas na produção, impedir que os defeitos se espalhem para todo o processo produtivo. Os tubos de aço e barras não podem possuir defeitos.

Este trabalho foi de grande importância, pois se o LAB não consegue identificar falhas, manter o ritmo da produção, apresentar para as áreas produtivas os defeitos que devem ser eliminados da produção, a empresa não consegue manter o ritmo de vendas e se manter no mercado. Tubos de aço e barras com defeito não eram vendidas. A qualidade tem que existir em todas as peças produzidas.

2. Revisão bibliográfica

2.1 *Lean Manufacturing*

A filosofia de gestão *Lean Manufacturing* possui um conjunto de conceitos, ferramentas e técnicas que são aplicadas nas organizações para a implementação de um Sistema de Manufatura Enxuta. Como exemplo de metodologias *Lean* apresentadas neste trabalho, citam-se o 5S, o *Kaizen*, o Mapa do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping – VSM*), FIFO, Relatório A3, Gestão Visual, Trabalho padronizado. O sucesso do *Lean* é alcançado com maior

eficiência quando usam-se um conjunto de metodologias, e não quando usadas isoladamente (COETZEE; VAN DER MERWE; VAN DYK, 2016).

2.1.1 Metodologias *Lean*

2.1.1.1 Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV)

Segundo Rother e Shook (2003) o essencial é implementar um fluxo que agregue valor ao produto, e a aplicação da técnica MFV, objeto deste trabalho, permite um fluxo como este, permitindo a identificação de fontes de desperdícios e melhorias no fluxo de produção, local onde implementam os métodos enxutos.

O MFV é utilizado para mapear toda a cadeia de suprimentos, reduzir o *lead time* por meio da melhoria contínua, para conseguir eficiência e qualidade no fluxo de valor (FORNO, et al. 2014). O mapeamento de toda a cadeia de suprimentos, apresentado neste trabalho, significa passar por todas as etapas de processamento do consumidor até o fornecedor. Posteriormente, desenhar o mapa do estado atual e mapa do estado futuro projetando como o fluxo deveria fluir e com os desperdícios eliminados.

O MFV é elaborado com papel e lápis para ajudar um gestor compreender melhor o fluxo de material e de informação, à medida que, o produto segue o fluxo de valor (ROTHER; SHOOK, 2003). Desta forma, o gestor é obrigado a caminhar por todos os processos do fluxo para compreender e elaborar o MFV.

O MFV tem como benefícios Rother e Shook (2003) identificar relação entre os fluxos de informação e de materiais, identificar as oportunidades para implementar as ferramentas e metodologias *Lean* adequadas; comparar o estado atual e futuro, separar as atividades que agregam valor ao cliente das que não agregam.

Segundo Forno et al. (2014) as limitações pode ser dificuldade em mapear produtos com fluxos produtivos diferentes; dificuldade em transmitir o conhecimento para pessoas que não estão familiarizadas com a ferramenta.

O mapeamento do fluxo de valor de um processo de produção consiste em quatro etapas (ROTHER; SHOOK, 2003):

a) Definir família de produtos:

Ao definir e seguir o fluxo de valor a ser melhorado, deve-se priorizar a perspectiva do cliente final, seja ele interno ou externo, o que obriga que a análise de fluxo seja realizada por um produto ou por família de produtos. Família de produtos, segundo Rother & Shoot (2003), são aquelas que possuem etapas de processos semelhantes e usam os mesmos equipamentos nos seus processos;

b) Desenhar o estado atual:

Com a família de produtos identificada, o próximo passo consiste no levantamento de dados no chão de fábrica, o que segundo Rother e Shook (2003), pode ser feito enquanto o pesquisador caminha pelos fluxos de informação e de material, no sentido normal e inverso do fluxo e realizar os desenhos à mão e a lápis.

Após a coleta de dados, a próxima etapa é o detalhamento do mapeamento do fluxo de material, desenhado da esquerda para direita, passando por todos os processos e do fluxo de informação, comparando com os princípios do pensamento enxuto.

Na parte inferior do mapa são registradas as métricas de cada processo (tempo de ciclo, tempo de troca, disponibilidade e *lead time*), estoques entre os processos, WIP, quantidade média de

peças e dias em estoques. Segundo Rother e Shook (2003), os estoques apresentam o local onde o fluxo fica parado, e podem ser uma oportunidade de melhoria. Os estoques são representados com ícones de triângulo simples, para indicar a posição e a quantidade de estoque.

As condições atuais do fluxo de valor tornam-se completas com a elaboração da linha do tempo com o objetivo de registrar o *lead time* total de produção, o tempo total de valor agregado (VA) e o tempo total de valor não agregado (NVA). De acordo com Rother e Shook (2003), a comparação entre a soma dos tempos de valor agregado (tempos de processamento) e o *lead time* de produção pode causar um grande impacto em uma organização;

c) Desenhar o estado futuro:

A finalidade dessa fase é elaborar um fluxo de produção, onde processos independentes estejam vinculados aos seus clientes via fluxo contínuo ou sistema puxado, permitindo que cada processo produza apenas na quantidade certa e no tempo certo que seus clientes precisam (ROTHER; SHOOK, 2003).

Um dos principais objetivos dessa fase é reduzir o *lead time*, com o objetivo de eliminar as causas raízes que geram os desperdícios que aumentam o tempo total de produção. Com estas mudanças, conseguem-se diminuições no tempo de matéria-prima no estoque, no tempo de recebimento de mercadoria pelo cliente após o pedido e no tempo para receber o lucro.

O MFV Futuro tem o objetivo de eliminar atividades que não agregam valor a produção. Para que isso aconteça, a produção tem que se adaptar de acordo com o *takt time*, indicador que alinha a capacidade do processo à demanda; desenvolver a produção e movimentação de um item por vez, ao longo de uma série de etapas de processos contínuos (fluxo unitário); utilizar supermercados ou FIFO (*first in – first out*) para controlar a produção onde o fluxo contínuo não se estende aos processos fluxo acima, pois em um supermercado é o local onde os clientes podem encontrar o que precisam, quando precisam, na quantidade e qualidade adequadas (OHNO, 1997); definir qual o único processo do fluxo que será programado, processo puxador, o qual estabelece o ritmo dos demais processos, e segundo Rother e Shook (2003), determina quais elementos do fluxo de valor são parte do *lead time* do pedido do cliente até o produto acabado.

O último passo tem como finalidade nivelar o *mix* de produção no processo puxador, mesclar a produção dos dois tipos de produto, de modo a responder às diferentes solicitações dos clientes com um pequeno *lead time* (ROTHER; SHOOK, 2003);

d) Planejar e implementar as ações:

O desenvolvimento de um plano de ações de melhorias é essencial para o alcance dos resultados, visto que o mapeamento é somente uma ferramenta. O plano para implementar o fluxo de valor na situação futura deve ser um documento que determine as atividades planejadas, responsáveis, metas quantificáveis, prazos e entregas. A utilização da metodologia A3 é uma excelente forma de implementar as melhorias para alcançar os resultados esperados. O objetivo dessa fase é envolver as pessoas para compreensão exata de quais ações são importantes e o momento que devem ser executadas para garantir que o estado futuro projetado seja implementado.

2.1.1.2 FIFO

O método FIFO significa “primeiro que entra, primeiro que sai”, utilizado na produção em cadeia onde a primeira unidade que entra no processo deve ser a primeira a sair, sem alterar a sequência de produtos ao longo do fluxo de produção.

O *First in First Out* (FIFO) segundo Rother e Shook (2003) é um sistema puxado, para manter a precisão na produção e na sequência de movimentação de materiais, garantindo que a primeira peça ao entrar em um processo seja a primeira peça a sair. Desse modo, proporciona uma diminuição no número de peças em estoque entre processos e permite um fluxo contínuo dos materiais.

Esta ferramenta ajudará a identificar prioridades de atividades no VSM.

2.1.1.3 Relatório A3

Segundo Shook (2008) o A3 é uma ferramenta padronizada conceitual para resolução de problemas, implementar melhorias e fazer as coisas acontecerem.

O relatório A3 é uma forma de gestão visual que fornece uma estrutura para o diálogo, aprendizagem e incorpora o processo da mudança, geralmente visualizado por uma métrica (SIMONS et al., 2014).

Esta ferramenta ajudará a registrar atividades que devem ser executadas no VSM.

2.1.1.4 KAIZEN

Segundo Imai (1986) o *kaizen* pode ser compreendido como um conjunto de técnicas de melhoria, isto é, um guarda-chuva que engloba outras técnicas como: *Kanban*, *Just-in-Time*, 5S, Manutenção Produtiva Total (TPM), *Six Sigma*, Círculo de Controle da Qualidade (CCQ), Controle da Qualidade Total (TQC). O Kaizen tem como princípios descartar as ideias fixas, rejeitar o estado atual das coisas, testar e depois validar, pensar em como fazer, excluindo o que não pode ser realizado, corrigir erros imediatamente, procurar ideias na dificuldade, perguntar “Por que” cinco vezes para encontrar a causa raiz, fazer as discussões entre o grupo.

Esta ferramenta ajudará na implantação de melhorias identificadas pelo VSM.

2.1.1.5 5S

O 5S é considerado uma ferramenta efetiva para melhoria contínua, sendo a base para a implementação do *Lean Manufacturing*. Para uma efetividade na implantação do método é fundamental uma mudança de comportamento, de hábitos e envolvimento constante para exercer a melhoria contínua. O nome da metodologia é derivado de cinco palavras japonesas que formam as fases da implementação: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Após o sucesso no Japão, esses conceitos foram disseminados nos mais diversos setores de atuação e adaptados para realidade de muitas empresas ao redor do mundo (CALZADO et al., 2015).

Esta ferramenta ajudará na implantação de melhorias identificadas pelo VSM.

2.1.1.6 Gestão Visual

A Gestão Visual (GV) pode ser definida como um sistema de gestão que busca melhorar o desempenho organizacional por meio do alinhamento a visão da organização, valores fundamentais, metas, processos de trabalho e partes interessadas (LIFF; POSSEY, 2004). Segundo Tezzel, Koskela, Tzortopoulos (2016) a GV atende a diferentes funções de uma organização com transparência, disciplina, melhoria contínua, facilitação do trabalho, formação profissional, criação de propriedade partilhada, gestão por fatos, simplificação e unificação.

Sua principal função é tornar as informações acessíveis para facilitar o trabalho diário, de forma a possibilitar aos colaboradores o entendimento de como os resultados de seus trabalhos afetam o desempenho da empresa.

Esta ferramenta ajudará na implantação de melhorias identificadas pelo VSM.

2.1.1.7 Trabalho Padronizado

O trabalho padronizado é umas das ferramentas *Lean* utilizada para melhorar as operações, métodos e processos de produção. O trabalho padronizado é a sequência de operações considerada a melhor, a mais eficiente, a mais segura prática de uma tarefa em particular e que apresenta tempo de ciclo, avisos de segurança e qualidade.

O trabalho padronizado possui benefícios e é frequentemente aplicado para: controle de processo, redução de variabilidade, melhoria de qualidade e flexibilidade, visibilidade de anomalias, estabilidade e para criar um ambiente de aprendizado (EMILIANI, 2008).

3. Metodologia

O presente estudo foi uma pesquisa-ação desenvolvida no processo de análise mecânica de amostras de tubos de aço e barras produzidos em uma siderúrgica, com o objetivo de avaliar este processo por meio da aplicação do Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), reduzir o *lead time*, identificar desperdícios e sugerir melhorias.

O método da pesquisa-ação é caracterizado pela união das concepções de pesquisa e de intervenção do pesquisador, ou seja, com a realização de diagnósticos, com a identificação de problemas e com o planejamento e a implementação de soluções (MARTINS; MELLO; TURRIONI, 2014).

Com isso, o trabalho foi desenvolvido da seguinte forma:

a) Etapa 1: O pesquisador começou a conhecer o processo do laboratório mecânico, a analisar do fluxo, suas etapas e as responsabilidades dos colaboradores envolvidos, o contexto atual, demandas, desafios e limitações, para definir o objetivo do projeto. Para isso, ele usou os métodos observações diretas deste processo *in loco*, acompanhando visualmente cada etapa; observação participante, ajudando a fazer as análises do tubos e barras de aço; entrevistas face a face, através de perguntas aos colaboradores do local para ajudar na compreensão do processo; consulta da política do laboratório e dos procedimentos;

b) Etapa 2: A coleta de dados foi feita pelo pesquisador, por meio de formulários padrões do software LIMS (*Laboratory Information Management System*) e de planilhas do Excel para serem analisados e para direcionar as ações posteriores;

Os dados coletados foram *lead time*; processo e demanda dos clientes; informações de janeiro a agosto de 2016 dos ensaios de dureza, impacto, temperabilidade, tração e achatamento que representam 80% dos ensaios, sendo o total 21.942 ensaios;

c) Etapa 3: Elaboração do mapa do estado atual por meio de um acompanhamento na realização de um ensaio de impacto. Nessa etapa foram identificadas as estações de trabalho no fluxo de valor, levantamento das métricas dos processos, identificação dos fluxos de material e informação, e realizado o cálculo da linha do tempo utilizando formulário padrão de dados, prancheta e uma folha em formato A3 para desenho. A partir disso, foi elaborado o estado atual no *software* Microsoft Visio detalhando todos os processos, desperdícios e dados do ensaio de impacto;

d) Etapa 4: Mapa do estado futuro, apresentou as oportunidades de melhoria ;

e) Etapa 5: Kaizen, onde foram implantas as melhorias.

3.1 Estudo de caso

3.1.1 A siderúrgica

O presente trabalho foi desenvolvido em uma siderúrgica multinacional de grande porte presente em mais de 20 países, sendo considerada referência mundial na fabricação de tubos de aço. O complexo siderúrgico estava localizado no interior do estado de Minas Gerais e possuía uma área industrial de 2,5 milhões de m². Este trabalho foi desenvolvido no setor de apoio a produção, denominado Laboratório Mecânico (LAB).

3.1.2 Laboratório Mecânica (LAB)

O LAB realizava ensaios mecânicos e metalográficos para controle de qualidade dos tubos de aço e barras. Os ensaios eram realizados de forma precisa e rápida para gerar os resultados que auxiliavam as áreas operacionais da siderúrgica na tomada de decisão, com relação à qualidade do material produzido e verificavam se o material atende as especificações do cliente.

Os clientes internos do LAB enviavam amostras de material para análise, antes dos produtos serem liberados para despacho. Em seguida, o LAB realizava os ensaios necessários conforme especificações e enviava os resultados para as áreas produtivas.

O LAB funcionava em três turnos com uma demanda média de 3.423 ensaios/mês. Em função das especificações dos clientes, o número de realização de ensaios variava conforme o tipo de amostras e ensaios. O ritmo de produção do LAB acompanhava o ritmo de produção das áreas produtivas, ou seja, quanto mais barras e tubos eram produzidos, mais análises eram realizadas para verificar a qualidade dos materiais.

Nesta siderúrgica a produção de tubos e barras com qualidade era desejável, pois desta forma ela manteria competitiva e líder no mercado. A falta de qualidade aumentavam os custos e número de reclamações de clientes. Dessa forma, o LAB tem um papel vital para identificar produtos não conformes e impedir os defeitos detectados na produção.

3.1.2.1 Processo produtivo para análise dos tubos de aço e barras

As etapas do fluxo Processo para análise dos tubos de aço e barras eram:

a) Amostragem: Reservar uma fração do tubo ou barra em tamanhos pré-definidos, colocando identificação em seu corpo, através de uma marcação manual, e fixar uma etiqueta adesiva ou um papel de remessa contendo suas informações de rastreabilidade. Essa etapa é realizada pelas áreas clientes do Laboratório;

b) Coleta de amostras e transporte: A periodicidade de coleta de amostras foi cumprida seguindo diretrizes estabelecidas em acordo realizado entre o LAB e as áreas de produção, podendo ser alterado a qualquer momento conforme necessidade, ou tem a durabilidade de uma hora e meia;

c) Recebimento de amostras: Todas as amostras que chegam ao LAB deveriam ser registradas no software LIMS (*Laboratory Information Management System*) para garantir a rastreabilidade e facilitar sua localização. Antes de iniciar o processo de recebimento, foi conferida a informação física com a informação do sistema SAP (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados). Com as amostras identificadas e alocadas nos paletes, o colaborador procurava um local vazio para acondicionar essas amostras, nos centros de usinagem ou próximo da serra, no caso de amostras de barras. Caso não houvesse espaço disponível, as amostras eram estocadas nas prateleiras dispostas na área externa do LAB.

Após o cadastramento e recebimento dos corpos de prova (cp), eram impressos os cartões de identificação do Laboratório referente às amostras e aos cp, pelos quais contribuíam para uma organização segura e para uma rastreabilidade fácil dos materiais;

d) Preparação de cp: Antes de iniciar a preparação dos cp, o colaborador verificava as informações do cartão. Caso as informações não estivessem corretas, escrevia na amostra, com o auxílio do marcador, “não conforme”; em seguida, a amostra era devolvida ao recebimento. A amostra era cancelada e um novo ensaio com informações corretas era gerado. Esse processo é composto pelos centros de usinagem 1, 2, 3 e 4, torno, retífica 1, retífica 2 e serra;

e) Realização de ensaios: Com o processo de preparação finalizado, os cp eram estocados na bancada dentro da sala de ensaios mecânicos até a realização dos ensaios. Durante o período de estocagem, os cp não eram manuseados desnecessariamente, a fim de evitar a oxidação causada pelo contato com as mãos.

Os ensaios mecânicos iniciavam com a verificação de pré-ensaios, pelos quais as configurações de equipamentos eram ajustadas, a oxidação e as rebarbas eram retiradas. Depois destas verificações, os ensaios iniciavam-se de fato, conforme as especificações técnicas disponíveis;

f) Validação dos resultados: Após o ensaio, os resultados eram salvos no sistema LIMS, e posteriormente, autorizados e transferidos para o SAP (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados). Os analistas responsáveis pelos ensaios repassavam aos supervisores os resultados gerados;

e) Divulgação dos resultados: Quando os ensaios eram finalizados, os cp eram descartados. O LAB informava aos clientes internos o resultado dos ensaios realizados, podendo o material fabricado ser liberado para os processos posteriores ou não.

3.1.2.2 Etapa 2: Coleta de dados

O cálculo do *lead time* de amostras se baseia nas condições normais de amostragem e ensaios. As amostras que não se enquadram nestes padrões, como reclassificações, amostras usadas em testes no sistema, não eram consideradas neste cálculo.

O tempo para análise de amostras era calculado pelo indicador *lead time* que deveria ser menor ou igual a 30 horas, conforme estabelecido com os clientes internos.

O cálculo de *lead time* iniciava-se no processo de recebimento de amostras e terminava com a divulgação dos resultados nas áreas interessadas. Esse formato de cálculo não considerava o tempo de traslado da amostra, que consistia no tempo de deslocamento da amostra do cliente interno até o recebimento conforme acordado com os clientes internos.

Os dados do indicador *lead time* foram analisados de janeiro a agosto de 2016, e constatou-se que o percentual de amostras analisadas em tempo menor que 30 horas para todos os meses estavam abaixo da meta definida em 90%, conforme apresenta a Figura 1.

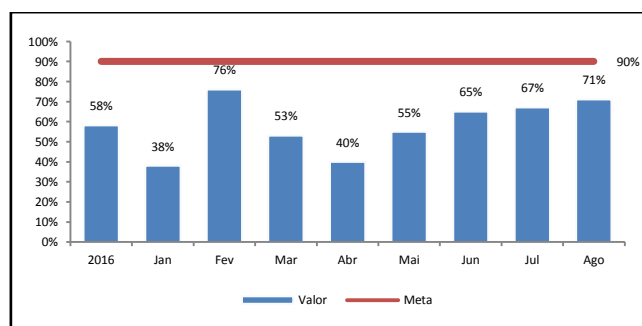


Figura 1 - Percentual de amostras analisadas em tempo menor que 30 horas
Fonte: Elaborado pelo autor

3.1.2.3 Seleção da família de produtos

Este trabalho considerou os principais ensaios mecânicos, que eram de impacto, dureza, tração, temperabilidade e achatamento, pois representavam 80% do total de ensaios realizados de janeiro a agosto de 2016.

Os tubos de aço e barra produzidos na siderúrgica eram classificados como família 1 e família 2. A família 1 constituída pelos ensaios de dureza, impacto e temperabilidade foi escolhida pelo maior percentual de demanda dos pedidos, 54%, e o ensaio de impacto o maior *lead time*, 44h44min, representavam 80% do total de ensaios realizados de janeiro a agosto de 2016.

3.1.2.4 Etapa 3: Mapa do estado atual

No fluxo de valor foi usado um formulário e identificados área, processo, produto, demanda por dia, observador, documento consultado, data da coleta dos dados, descritos as etapas dos processos envolvidos, símbolo apropriado e dados (tempo, quantidade, distância e área).

Os dados das métricas de cada processo foram coletados por outro formulário.

Inicialmente o mapa foi desenhado à mão e posteriormente digitalizado no software Visio. Para elaboração do mapa do estado atual foram acompanhadas todas as atividades da família escolhida, desde o transporte do material do fornecedor ao laboratório, até o envio dos resultados para os clientes.

O mapa do estado atual também detalhava o fluxo de informação, feito pelo SAP (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados), onde estavam clientes, fornecedores e área de planejamento da produção. Os clientes foram representados à direita superior do mapa, enquanto os fornecedores estavam à esquerda superior. Muitos clientes eram também os fornecedores interessados na qualidade do material. As prioridades especiais de análises definidas pelo supervisor do laboratório em todas as etapas de processamento representaram o fluxo de informação, sendo este feito manualmente.

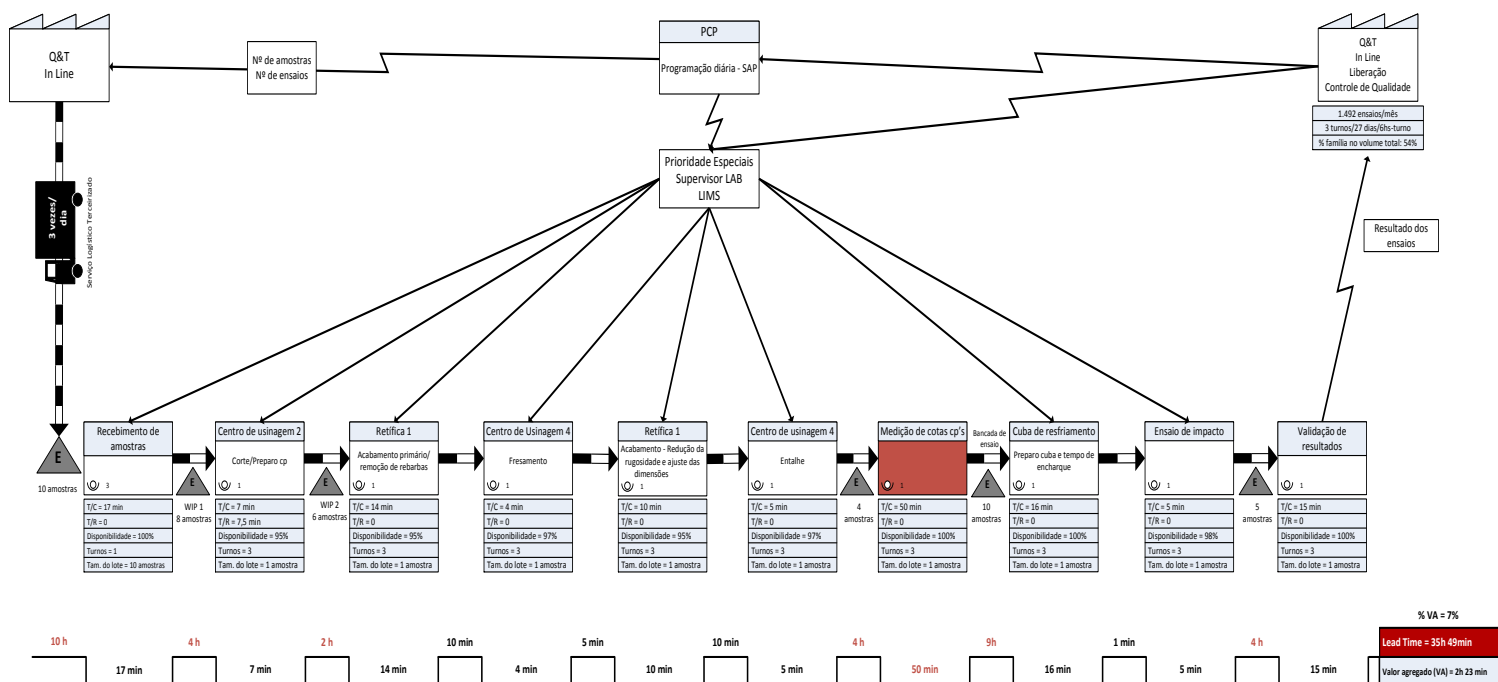
A caminhada no fluxo executada para confecção do mapa permitiu a identificação do aumento de *lead time* causado pelos estoques, pois as amostras a serem analisadas paravam antes do início do preparo de cp e na estocagem de material na bancada de ensaio. Além disso, constatou-se a espera no processamento de material e a falta de conhecimento por parte dos operadores e analistas com relação às demandas e índice de produtividade de cada posto de trabalho.

O sistema de produção empurrado foi identificado, sendo uma das causas identificadas, o acúmulo de estoques gerados entre os processos. Cada etapa produz o que foi planejado, sem saber se os processos posteriores necessitam ou não do material enviado, o que ocasionava estoques intermediários antes e depois de alguns processos.

O fluxo de material foi representado na linha do tempo com o tempo de *lead time* e o tempo de processamento/valor agregado (VA). A partir de uma análise desses tempos, observou-se que o tempo de ciclo acumulado para que os ensaios fossem realizados em todas as etapas foi de 2h 10 min, enquanto o tempo de *lead time* total (porta-porta) foi de aproximadamente 36 horas.

Considerando o mapa do estado atual, conforme Figura 2, a análise do fluxo de processo e reuniões com os colaboradores do LAB, foram identificados os principais desperdícios e suas

causas: espera no transporte de amostras, espera no estoque de movimentação, espera no estoque do Centro de usinagem, medição de cp, cuba de resfriamento, validação de resultados, falta de prioridade ao analisar as amostras, parando a análise de amostras iniciadas para fazer análises de outras amostras.



3.1.4 Etapa 4: Mapa do estado futuro

O mapa do estado futuro apresentou oportunidades de melhorias para serem efetuadas no fluxo de valor. Com base nos pontos críticos e falhos da situação atual, a projeção do estado futuro com as melhorias foi elaborada.

Com o objetivo de diminuir o tempo de *lead time* e eliminar as fontes de desperdícios, foram propostas melhorias nos processos. Para isso, inicialmente calculou-se o *takt time* = 21 minutos da família escolhida, tornando este o valor de parâmetro para o novo projeto do fluxo, e a redução do tempo de estoque em 25%.

3.1.5 Etapa 5: Kaizens

Esse item detalha todas as ações de melhorias representadas no mapa de estado futuro implementadas por um relatório A3 como metodologia e guia na condução dos projetos.

O *kaizen* de Transporte estabeleceu um acordo entre o LAB, os fornecedores e a transportadora terceirizada para solucionarem os problemas com relação a prioridades de transporte e atrasos na entrega das amostras. Estabeleceu que o LAB utiliza-se sua caminhonete para buscar amostras em intervalos programados ocupando a sua máxima capacidade de transporte, para não depender de serviços terceirizados para recebimentos de amostra.

A *kaizen* de gestão visual juntamente com os conceitos do 5S foram usados para elaborar um quadro que facilitaria o trabalho e entendimento dos resultados gerados pelo LAB, assim como divulgar o 5S para implantá-lo no chão de fábrica.

O trabalho padronizado tinha o objetivo de reduzir a variabilidade na execução das tarefas, controlar e tentar padronizar o processo em 35 minutos, e deveria ser aplicada em todos os postos de trabalho do LAB para obter ganhos de produtividade, desempenho e qualidade.

O *kaizen* de Prioridades apresentava melhorias conjuntas das áreas envolvidas na programação da produção. Ao invés de direcionar as informações para o PCP centralizado que posteriormente direcionava para cada etapa de processo, pretendiam enviar para o recebimento onde havia um supermercado de amostras que seriam requisitadas e preparadas para a realização de ensaios.

O *kaizen* de responsabilidades/autoridades determinava junto com a Gestão quais eram as funções e divisões de trabalho para cada cargo, para eliminar a realização de atividades paralelas que impactavam no aumento do *lead time*. O k3 auxiliava também nesse processo como forma de padronizar as atividades de cada cargo, fornecendo as limitações e responsabilidades a serem respeitadas pelos colaboradores. Todas as melhorias podem ser vistas na Figura 3.

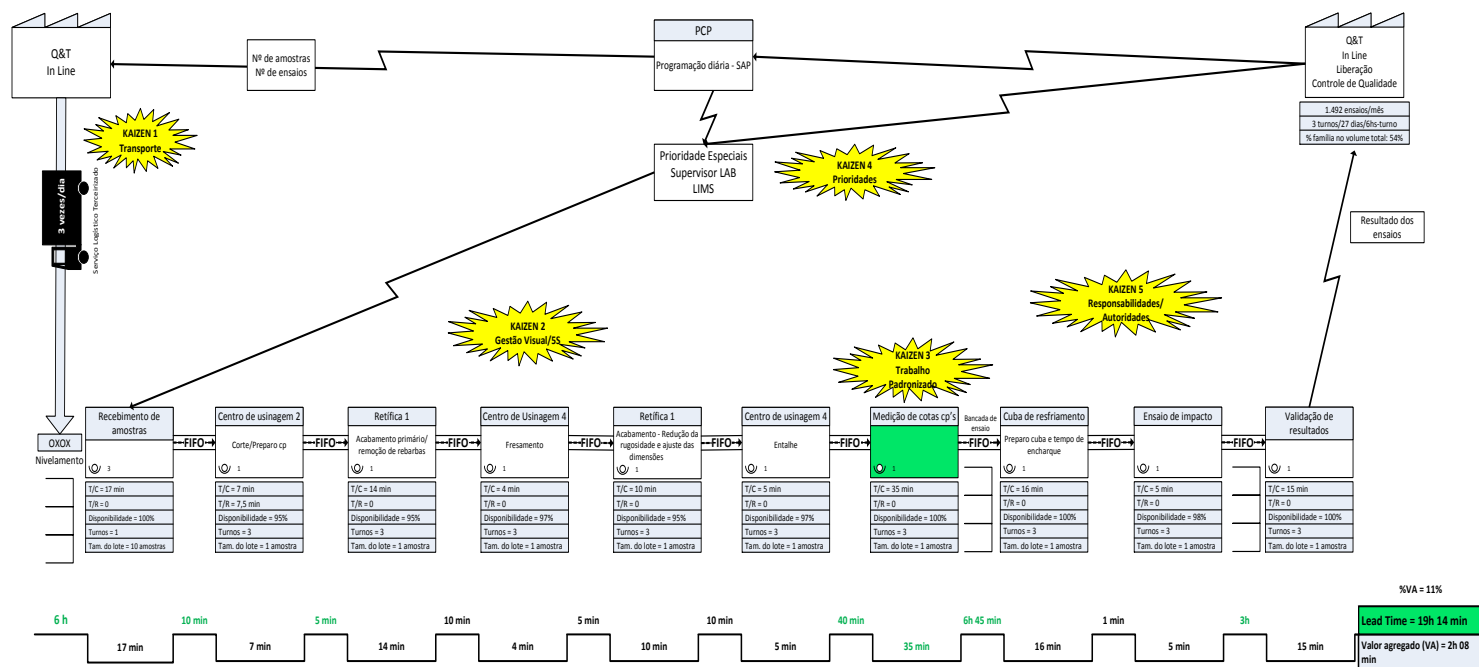


Figura 2 - Mapa do estado futuro

Fonte: Elaborado pelo autor

4. Resultados

Considerando os *kaizens*, ações de melhorias realizadas e estimativas de ganhos em processo, o mapa de estado futuro apresentou as reduções de 46,3% do *Lead time*, 10,5% do Valor agregado/Tempo de processamento, 48,9% de Valor não agregado.

As melhorias do mapa do estado futuro proporcionaram a redução e eliminação dos desperdícios identificados na situação atual, redução do tempo de transporte, diminuição do tempo de ciclo do processo de medição de cp, diminuição dos estoques entre os processos, tornando o fluxo mais enxuto e atendeu as demandas dos clientes de forma ágil e com qualidade, respeitando os prazos acordados e sua capacidade de produção.

A adoção de supermercados, fluxo contínuo, FIFO e implementação do *kaizen* de Trabalho Padronizado possibilitaram melhoria do fluxo de material do processo de análise de amostras mecânicas.

5. Conclusão

Este trabalho trouxe a importância de analisar processos sob a ótica do *Lean*, de modo a buscar uma melhor produtividade e agilidade, em cada unidade de negócio.

Assim, o MFV possibilitou a empresa a atingir seus objetivos estratégicos, melhorando a qualidade do seu produto/serviço, aumentando sua produtividade e agilidade nos processos, e consequentemente atendendo melhor seus clientes e mantendo sua competitividade no mercado, reduzindo em 46,3% do *Lead time*, 10,5% do Valor agregado/Tempo de processamento, 48,9% NVA.

Para trabalhos posteriores recomenda-se a implantação do MPF futuro considerando todos os ensaios mecânicos feitos pelo LAB e todas as etapas dos processos produtivos dependentes ou não destas análises, com o objetivo de avaliar os melhores cenários possíveis, analisar o MFV atual com todos os colaboradores interessados para uma melhor solução.

Referências bibliográficas

- BLACK, J. T.** *O projeto da fábrica com futuro*. 1 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- CALZADO, M. J.; ROMERO, L.; DOMÍNGUEZ, M.; ESPINOSA, M. M.** *5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school*. Safety Science, Vol. 78, p. 163-172, 2015.
- COETZEE, R.; VAN DER MERWE, K.; VAN DYK, L.** *Lean implementation strategies: how are the toyota way principles addressed?* South African Journal of Industrial engineering, Vol. 27, n. 3, p. 79-91, 2016.
- EMILIANI, M. L.** *Standardized work for executive leadership*. Leadersh Organ Dev J, Vol. 29, p. 24-46, 2008.
- FORNO, A.J.D.; PEREIRA, F. A.; FORCELLINI, F. A.; KIPPER, L.M.** *Value stream mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of lean tools*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 72, n. 5-8, p. 779-790, 2014.
- IMAI, M.** *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill, 1986.
- LIFF, S; POSSEY, P.A.** *Seeing is Believing: How the New Art of Visual Management Can Boost Performance Throughout Your Organization*. New York: AMACOM, 2004.
- MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.** Guia para elaboração de monografia e TCC em Engenharia de Produção. São Paulo: Atlas, 2014.
- OHNO, T.** *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PIZZI, G.; MARZOCCHI, G. L.; ORSINGER, C.; ZAMMIT A.** *The Temporal Construal of Customer Satisfaction*. Journal of Service Research, Vol. 18, n. 4, p. 484-497, 2015.
- ROTHER, M; SHOOK, J.** *Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício*. São Paulo: Lean Institute do Brasil, 2003.
- SHINGO, S.** *O Sistema Toyota de produção: do ponto de vista de engenharia de produção*. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SHOOK, J.** *Gerenciando para o aprendizado: usando um processo de gestão A3 para resolver problemas, promover alinhamento, orientar e liderar*. São Paulo: Lean Insitute Brasil, 2008.
- SIMONS, F. E.** *Patient safety in the operation theatre: how A3 thinking can help reduce door movement*. International Journal for Qaulity in Health Care, Vol. 26, p. 366-71, 2014.
- TEZZEL, A; KOSKELA, L; TZORTZOPOULOS P.** *Visual Management in production management: A literature synthesis*. Journal of Manufacturing Technology Management, Vol.27, n. 6, p.766-799, 2016.