

Operações e Logística

**PROPOSTA DE SISTEMÁTICA DE FLUXO DE VALOR DO PROCESSO
NIVELADO E INTEGRADO PARA SISTEMAS PUXADOS DE PRODUÇÃO**

Resumo

Para que uma planta fabril tenha capacidade e flexibilidade de dar as respostas aos clientes nos tempos estabelecidos, além de várias ações de desenvolvimento de produtos e sua produção faz-se necessário manter um sincronismo organizacional adequado a cada oscilação das vendas. O objetivo deste estudo foi analisar a situação atual em uma planta industrial do processo manufatureiro do produto Filtros industriais para filtragem líquida pela elaboração do Mapa de Fluxo de Valor e apresentar uma proposta de situação futura por meio de processo nivelado e integrado. Este estudo foi motivado devido a identificação de inúmeras dificuldades observadas pela gerência Lean como o excesso de desperdícios, o crescente aumento de estoque, desbalanço entre as solicitações dos clientes e a velocidade de entrega para atender os pedidos. Utilizou-se da metodologia da pesquisa-ação com coleta de dados primários e secundários, técnicas de observação direta na fábrica e entrevistas. Visto a importância e a necessidade de ferramentas que auxiliem na tomada de decisões em empresas do ramo têxtil foi desenvolvida uma pesquisa-ação em uma indústria têxtil em Portugal, cujo foco comercial é a fabricação de filtros para diversos segmentos industriais. O produto definido foi o da família *Wet Press Filter* – WPF, nome fantasia do produto para este artigo. Buscou-se analisar o seu atual cenário produtivo, identificar possíveis anomalias e propor soluções a fim de eliminar os desperdícios e de melhorar a eficiência dos seus processos. Para identificar onde se encontravam os problemas foi feito um levantamento de dados dos fluxos de materiais, processos e de informações correntes e projetar um novo fluxo, visando a diminuição de tempos de ciclo e do lead time da produção. Pelo MFV foi identificado o fluxo do processo principal (ROTHER; SHOOK, 2012), dos excessos de materiais em produção e em estoque, ocorrência de superprodução e das esperas entre postos. Estes fatos geram necessidade de grande espaço fabril, variabilidade significativa dos tempos de fluxos e de processos, risco de danos ao produto além das questões de segurança no trabalho. Para a elaboração da proposição da situação futura focou na inserção de sistemáticas integradas de redução significativa dos estoques, do tempo de fluxo dos processos, da eliminação da superprodução, da alteração de empurrar para puxar, da delimitação dos espaços para armazenamento, da sistemática de priorização e ritmo de produção e da eliminação dos tempos de esperas dos produtos ao longo do ciclo de fabricação para acima da sua capacidade diária atual. Como resultados finais da implantação das propostas no mapa futuro, projeta-se que seu lead time total do fluxo de fabricação apresentará um ganho de fluxo total de 261% e de valor agregado de um produto de 46,3%. No que se refere a contribuição social observa-se que o mapa futuro apresenta uma complexa estrutura de gestão de fábrica que integra várias ferramentas de *lean management*. Como contribuição tecnológica, devido as características da organização, exigiu-se a ampliação do quadro de desempenho de processo em que foi segmentado o tempo de setup e pessoas das preparações com o das operações.

Palavras-chave: Mapa de fluxo de valor; fluxo de valor; processos nivelados e integrados; manufatura puxada.

Abstract

For a manufacturing plant to have the capacity and flexibility to respond to customers within the established times, in addition to various product development and production actions, it is necessary to maintain adequate organizational synchronism with each sales fluctuation. The objective of this study was to analyze the current situation in an

industrial plant of the manufacturing process of the product Industrial Filters for liquid filtration through the elaboration of the Value Stream Map and to present a proposal of the future situation through a leveled and integrated process. This study was motivated by the identification of numerous difficulties observed by Lean management, such as excess waste, increasing inventory, imbalance between customer requests and delivery speed to meet orders. The action research methodology was used with primary and secondary data collection, direct observation techniques at the factory and interviews. Given the importance and need for tools that help in decision-making in companies in the textile sector, action research was developed in a textile industry in Portugal, whose commercial focus is the manufacture of filters for various industrial segments. The defined product was the Wet Press Filter family – WPF, the product's trade name for this article. We sought to analyze its current production scenario, identify possible anomalies and propose solutions in order to eliminate waste and improve the efficiency of its processes. To identify where the problems were, a survey of data on the flows of materials, processes and current information was carried out and a new flow was designed, aiming at reducing cycle times and production lead time. The flow of the main process was identified using the MFV (ROTHER; SHOOK, 2012), excess materials in production and in stock, occurrence of overproduction and waits between stations. These facts generate the need for a large factory space, significant variability in flow and process times, risk of damage to the product in addition to work safety issues. For the elaboration of the proposition of the future situation, it focused on the insertion of integrated systematics of significant reduction of the inventories, of the time of flow of the processes, of the elimination of the overproduction, of the alteration of push to pull, of the delimitation of the spaces for storage, of the systematic of prioritization and pace of production and elimination of product wait times throughout the manufacturing cycle to above your current daily capacity. As final results of the implementation of the proposals in the future map, it is projected that its total lead time of the manufacturing flow will present a total flow gain of 261% and of added value of a product of 46.3%. With regard to social contribution, it is observed that the future map presents a complex factory management structure that integrates several lean management tools. As a technological contribution, due to the characteristics of the organization, it was required to expand the process performance framework in which the setup time and people from preparations were segmented with those from operations.

Keywords: Value stream map; value stream; leveled and integrated processes; pull manufacturing.

1. Introdução

A filosofia Lean Management tem como foco principal o desenvolvimento e aprimoramento de processos que agregam valor ao produto ou serviço que é esperado pelo cliente (WOMACK; JONES; ROOS, 2004). Além da busca de criação de valor para o cliente, o pensamento Lean se depara com outro desafio, a ação de eliminar desperdícios e de atividades que não agregam valor. Como principais ferramentas utilizadas para o estudo de melhorias podem-se citar o Mapa de Fluxo de Valor – VSM e os demais conceitos Lean Management (PINTO, 2014).

O mercado têxtil é caracterizado por muitas empresas que atuam no segmento provocando uma concorrência acirrada. Embora o segmento têxtil seja um segmento tradicional e de alta concorrência global ainda carece de estudos de implantação de sistemáticas da filosofia Lean em seus processos de fabricação (SALEESHYA; RAGHURAM; VANSI, 2013).

Para que uma planta industrial tenha flexibilidade e condições de dar as respostas às necessidades do mercado nos tempos estabelecidos pelos clientes, além de várias ações de desenvolvimento de produtos e sua produção faz-se necessário manter um sincronismo organizacional adequado a cada oscilação das vendas, podendo gerar resultados significativos ao final de cada ciclo.

Em vistas a identificar os desperdícios e a causa do excesso de estoque na organização em foco, foi desenvolvido, neste estudo, o mapa da situação atual da unidade fabril de uma multinacional europeia onde foi possível identificar os principais problemas de fluxo produtivo e projetar um novo fluxo que agregue valor no processo de fabricação do seu mix de produtos.

Assim, foi elaborado o Mapeamento do Fluxo de Valor, o qual buscou identificar os fluxos de materiais, processos e de informações correntes e projetar um novo fluxo, visando a diminuição de tempos de ciclo e do lead time da produção (ROTHER; SHOOK, 2012).

Visto a importância e a necessidade de ferramentas que auxiliem na tomada de decisões em empresas do ramo têxtil foi desenvolvida uma pesquisa-ação, com foco em um produto da família de Filtração Líquida denominado, para este artigo, de Wet Press Filter - WPF. Buscou-se analisar o atual cenário produtivo da empresa, identificando possíveis anomalias e, propondo soluções a fim de melhorar a eficiência dos seus processos.

O artigo foi dividido em etapas para uma melhor compreensão do assunto. Primeiramente foram abordados os aspectos da organização, dos objetivos e da metodologia utilizada. Em seguida foi feita uma revisão da literatura referente ao tema da pesquisa. Na sequência são apresentados o levantamento e uma análise dos dados que ilustram a situação atual, bem como debate a proposta de cenário futuro. O trabalho finaliza com a análise das melhorias propostas, seguido das considerações finais e das proposições para trabalhos futuros.

2. O Projeto VSM do produto WPF

A *Anomimus Press Filter Fabric* (nome fictício da unidade fabril) é uma unidade fabril localizada na Europa que atua na fabricação de filtros para o mercado industrial. A elaboração do mapa de estado atual foi iniciada pela definição da especificação do produto a partir de análise dos diversos modelos da família de filtração líquida que são manufaturados na empresa. Devido a diversidade de produtos finais manufaturados desta família de produtos foram estabelecidos três critérios centrais para a definição

do produto a ser analisado: i) frequência dos pedidos, ii) participação no faturamento e iii) maior número de operações ao longo do processo.

Com base nestes critérios de seleção do produto foi realizada uma reunião sob coordenação da *Lean Management* na qual participaram os planeadores de produção de rolos e de confecção, os supervisores de produção das áreas de calandra e de confecção bem como a presença do diretor sénior de produção. Os dados referentes a este trabalho foram coletados no primeiro trimestre de 2019.

Depois de debatidos os critérios para a definição do modelo a ser estudado e os diversos produtos que poderiam se enquadrar foi definido que o modelo a ser utilizado para a realização do Mapa do Fluxo de Valor - VSM (*Value Stream Mapping*) seria o modelo denominado de *Wet Press Filter* – WPF (nome fantasia para este artigo).

3. Método seguido no projeto

O presente trabalho teve como objetivo central realizar o estudo da situação atual pelo uso da ferramenta Mapa de Fluxo de Valor de maneira a identificar os principais fluxos de materiais, processos e de informações decorrente da fabricação do WPF.

O trabalho foi realizado, primeiramente, ao utilizar da abordagem qualitativa para realizar a compreensão e entendimento dos processos e dos procedimentos adotados pela organização. Para realizar a coleta de dados qualitativos foram utilizadas técnicas de entrevista não estruturada, análise visual dos postos de trabalho e dos fluxos de materiais por meio da observação diretamente no ambiente fabril com respectivo apontamento em diário de campo. As informações coletadas nesta etapa podem ser consideradas como fonte primária de dados.

O método qualitativo permite estudar e refletir acerca das observações e das percepções objetivas e subjetivas de um indivíduo ou do comportamento de um determinado grupo de maneira a propiciar ao investigador ter conhecimento e a formação de uma opinião acerca do assunto que está a investigar (COLLIS; HUSSEY, 2005).

Os dados quantitativos foram coletados por meio de relatórios padrões da empresa, da rastreabilidade das Ordens de Fabricação, e da coleta de dados diretamente do banco de dados. Estas ações são consideradas como fontes secundárias de dados. A sua tabulação foi realizada com o auxílio de planilha eletrônica e seus dados organizados em forma de tabelas e de gráficos.

A pesquisa quantitativa tem por finalidade mensurar, medir ou prever algo que o pesquisador está a investigar e interpretar por meio de dados numéricos mensuráveis (COOPER; SCHINDLER, 2011). A abordagem quantitativa foi utilizada para o levantamento e análise dos dados dos fluxos de valor inerente a fabricação do WPF, bem como para se estabelecer os tempos de processos, de espera e dos estoques por etapa do processo de fabricação.

Para realizar a análise e apresentação dos dados foi utilizado do modelo de Mapa de Fluxo de Valor – MFV (ROTHER; SHOOK, 2012). Assim, para identificar os fluxos de materiais e de informações, processos, estoques entre outras atividades e movimentações pertinentes a elaboração do produto WPF por meio do uso de ícones típicos da representação do fluxo de valor com informações que auxiliam na explicação do processo em estudo.

Depois de sistematizada a situação atual do MFV do produto WPF, dos gráficos gerados e da análise das observações feitas em campo foi elaborado uma proposta de situação futura de maneira a atender os critérios estabelecidos como resultados esperados para a situação futura.

Como finalização do projeto foi realizada uma reunião de apresentação dos dados para a gerência *Lean* e diretor da empresa com o intuito de analisar os dados e debate da primeira proposta de estado futuro e possibilitar meios para que os gestores possam ter condições de definir as etapas para a sua implantação. Também foram realizadas outras duas reuniões com a equipe de melhoria contínua da unidade fabril com a finalidade de montar planos de ação.

4. Aspectos conceituais do Mapeamento de Fluxo de Valor

A manufatura de um produto compreende um conjunto de atividades, informações e operações que agregam e outras que não agregam valor para a concepção do produto final ao cliente. O estudo de todas estas atividades em conjunto pode ser representado visualmente com maior facilidade por meio de uma ferramenta de análise que busca identificar e quantificar as diversas etapas de um processo produtivo denominada de Mapa de Fluxo de Valor – MFV ou *Value Stream Mapping* - VSM (ROTHER; SHOOK, 2012).

O mapeamento do fluxo de valor é um mapa que auxilia a enxergar e entender o fluxo de material e de informações na medida em que o produto segue o seu fluxo de produção, passando de uma unidade a outra, facilitando a enxergar os pontos onde há desperdícios ou quando o fluxo atual de informações ou de processos podem delimitar ou reduzir a capacidade dinâmica de funcionamento de uma organização (VEIGA; CEREZA, 2013).

Com ele é possível fazer o levantamento e mapeamento dos processos com o intuito de verificar e identificar os supostos gargalos, a fim de eliminá-los e dar ênfase as tarefas que agregam valor ao produto e pode ser aplicado na análise e melhoria dos processos têxteis (SALEESHYA; RAGHURAM; VANSI, 2013).

Um fluxo de valor é toda a ação que agregue valor ou não em uma operação de um produto, seja esta operação referente ao fluxo de produção desde a matéria-prima até chegar ao consumidor final, ou a operação de produção de parte de um produto até seu término por uma empresa sistemista de um fabricante âncora (BUENO; VEIGA, 2016).

O mapa pode ser elaborado a partir de uma família de produto geradora de valor para toda a organização ou até mesmo em uma única célula ou unidade manufatureira, dependendo de sua complexidade. Essa ação visa identificar as etapas da produção que realmente agreguem valor ao produto e também a enxergar as fontes de desperdício existentes no atual processo (ELIAS; OLIVEIRA; TUBINO, 2011).

O mapeamento é uma ferramenta que apresenta, inicialmente, uma abordagem qualitativa que auxilia para o desenvolvimento da representação visual detalhada dos fluxos de materiais e de informações, a fim de descrever como a unidade de produção está operando, conhecendo a fundo o chamado chão de fábrica (VEIGA; SCHMITZ, 2018). Alinhada a este esquema visual da fábrica, baseado nos dados quantitativos pode-se analisar e desenhar o estado futuro, com foco em um fluxo de materiais e de informações mais próximos de um estado ideal, criando valor a cada processo de operação e projetar os ganhos da proposta, podendo ser aplicado tanto para ambientes simples bem como em ambientes complexos de produção (SANGWA; SANGWAN, 2023)

Dentro de uma fábrica há dois tipos de fluxos típicos, sendo o de matérias e o de informações, onde ambos devem ser mapeados (SALGADO et al., 2009). O fluxo de informações orienta o que deve ser fabricado e o fluxo de materiais expõe a própria circulação dos produtos e materiais necessários para a elaboração do produto dentro de uma fábrica (REDA; DVIVEDI, 2022).

O VSM também pode ser visto como uma linguagem de comunicação e de entendimento aos colaboradores. A elaboração do mapa pode ser realizada desde a fase de elaboração do projeto ou de produtos já existentes sendo necessário realizar a escolha da família de produtos manufaturada e, a partir dos dados coletados em campo, desenhar o mapa da situação atual. O desenvolvimento do desenho do estado futuro é realizado em seguida e tem como foco reduzir os desperdícios ou as ineficiências dos processos, dos fluxos de materiais e de informações (TYAGI; CHOUDHARY; YANG, 2015).

Sua elaboração típica ocorre pela definição de um grupo de itens de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e usam equipamentos comuns nos seus processos e que formam uma família. Define-se a família de produtos a ser trabalhada aquela que tem a maior representatividade no volume da demanda e/ou faturamento da empresa ou aquela com melhor relação com o mercado (SANTOS; GOHR; SANTOS, 2011).

O primeiro passo do mapeamento é desenhar o estado atual de uma família de produtos, o qual será examinado pela análise da atual situação da produção, por meio de coleta de dados a partir do pedido do cliente, passando pelo chão de fábrica e sincronizando informações do fornecedor, usando um conjunto de símbolos para representar os processos e os fluxos de materiais e de informações (LACERDA; XANDRE; ALVELOS, 2016). O seu desenho pode ser feito de maneira simples com uso de uma série de desenhos padronizados ou com o uso de softwares desenvolvidos para essa finalidade (SIRAJUDEEN; KRISHNAN, 2022)

Os principais indicadores que o VSM propicia é a rápida visualização do Tempo de Agregação de Valor que é o tempo que efetivamente ocorre a transformação do produto; TC/Tempo de Ciclo que é o tempo que leva entre um item e o próximo saírem do mesmo processo, dado em segundos; TR/Tempo de Troca ou preparação que é o tempo que leva para mudar a produção de um tipo de item para outro; Número de Operadores refere-se a quantas pessoas são necessárias no processo; Tempo de Trabalho Disponível que é o tempo do processo por turno do processo, dado em segundos diminuídos os minutos de descanso, reunião, limpeza; Tempo de Operação refere-se ao tempo de utilização efetiva da máquina; TPT/Tamanho do Lote de Produção, o qual trata do tempo total que uma peça leva para percorrer todas as etapas do processo (ROHANI; ZAHRAEE, 2015).

Com o objetivo de dar suporte a análise do mapa atual e projetar um mapa futuro com maior confiabilidade, Rother e Shook (2012) sugerem sete procedimentos a serem utilizados:

- i) *Takt time* é um número referência que indica o ritmo de produção em que cada processo deveria produzir, baseado nas vendas a fim de atender a demanda dos clientes, buscando sincronizar os ritmos de produção com os de vendas no processo puxado, ajudando a enxergar como estão sendo processadas as coisas e o que é preciso ser feito. Ele é obtido por meio da divisão de tempo disponível de trabalho (em segundos) pela demanda do cliente (unidades), em turno se houver (SHINGO, 1996).
- ii) O fluxo contínuo é a maneira mais eficiente de produzir, é utilizado sempre que possível, reduzindo as paradas e desperdícios ocorrentes entre um processo e outro para produzir uma peça por vez e passar para o processo seguinte. Em ambiente de manufatura do tipo discreto, a utilização desta sistemática propicia vantagem significa ao fluxo de produção (LIMA et al., 2016)
- iii) A gestão da produção pode ser: i) puxada com supermercado de suprimentos que é inserido entre dois processos com o intuito de dar a ordem exata de produção ao processo anterior, controlando a produção entre os dois fluxos, assim quem

determina a quantidade e quando produzir será o processo seguinte e ii) com o uso de um Kanban, esse sistema normalmente é inserido quando o processo anterior é baseado em lotes e o posterior no modelo contínuo, por exemplo (MARTINS; ALT, 2006). Para processos com *lead time* longos pode-se utilizar um Kanban de disparo. Pode ser utilizado em processo não celular e sua comunicação pode ser feita por meio eletrônico de informações. Este cartão tem a finalidade de pular a sequência de fabricação e dar início ao processo produtivo sem a necessidade de Kanbans intermediários ao longo do processo (MOURA, 1989). Para o uso do Kanban em empresas com alto mix, baixo volume, com flutuação da demanda e com períodos de ressurgimentos relativamente curtos querem a configuração de um sistema dinâmico de Kanbans para essa situação (NUGROHO; SUROSO, 2023). Também se observa a integração deste sistema pela indústria 4.0 por meio do *cloud-based Kanban* oportunizando um novo campo de estudos e implantações práticas desta ferramenta de gestão da manufatura (SHARIN; CHEN; BOUZARY, 2020).

iv) Definida a sistemática do processo puxador, é o ponto no fluxo de valor da empresa onde ele controlará o ritmo para os demais processos anteriores, este processo é controlado pelo pedido de produção dos clientes externos, geralmente sendo o último dos processos produtivos da empresa (COSTA et al., 2018). O modelo FIFO (primeiro a entrar, primeiro a sair) também inserido entre dois processos, mas que tem uma quantidade limitada de estoque entre o processo anterior e o processo cliente, assim o processo anterior produz mantendo o limite estipulado (TUBINO, 2007).

v) A implementação de uma sistemática de nivelamento do *mix* de produção propicia o balanceamento da fabricação de diferentes produtos durante um período de tempo em menores lotes. Quanto mais nivelado o *mix*, menor será o *lead time* referente as solicitações de pedidos dos clientes, contribuindo para a diminuição de desperdícios. A flexibilidade de implantação deve garantir a variação da demanda alinha ao mix da linha de montagem para os diferentes produtos e suas respectivas famílias (RAGHAVAN; YOON; SRIHARI, 2014).

vi) Para nivelar o *mix* de produção, faz-se necessário projetar com maior precisão os tempos de produção, estimativa de entrega ao cliente, ou seja, terá uma produção previsível. O controle da variabilidade do processo oportuniza a estabilidade do sistema puxado. Quando são identificadas diferenças, estas são rapidamente observadas e gera a necessidade de se tomar ações corretivas de maneira a propiciar o retorno da capacidade do processo (SALEESHYA; RAGHURAM, 2012).

vii) O desenvolvimento de habilidades de produção para produzir toda peça todo o dia, ao menos para peças com alto volume, descrevendo a frequência que um processo se modifica para produzir todas as variações de uma peça. Na indústria têxtil a padronização dos processos e a redução da variabilidade permite que os tempos de ciclo sejam normalizados, a sequência do processo de fabricação seja mantida balanceada e o inventário dentro dos padrões estabelecidos (CRUZ, 2015).

Para finalizar o mapa de situação futura, que tem como objetivo desenhar uma cadeia de produção na qual os processos são articulados por meio de um fluxo contínuo ou puxados a seu cliente. Deverá ser considerado para o desenho do mapa do estado futuro, o projeto do produto, as tecnologias de processo, e a localização e estrutura da planta como dados, a partir daí, buscar identificar e eliminar todas as fontes de desperdício não causadas por estas características, o mais breve possível. Após as primeiras intervenções, poderá ser analisado subsequentemente os itens produto, projeto, tecnologia e localização (SILVA; ALVES, 2011).

O passo final é usar um plano de implementação, descrito em um documento como deve se chegar ao estado futuro, incluindo o mapa do estado futuro. Poderá ocorrer ajustes e melhorias do mapa do estado futuro conforme a progressão da implementação das ações, além de constar um plano anual do fluxo de valor. Ainda podem ser realizadas simulações prévias para se analisar os possíveis ganhos das melhorias sugeridas, bem como realizar os ajustes necessários para a proposta futura (OLIVEIRA; CORRÊA; NUNES, 2014).

O mapeamento do fluxo de valor torna-se inútil se não forem implementadas ações em um curto período de tempo a fim de atingir o estado futuro desenhado (LIMA; BISIO; ALVES, 2010). A implantação das tarefas do mapa do estado futuro deve estar dividida a fim de facilitar o entendimento e considerar um processo de construção de uma série de fluxos conectados para uma família de produtos, para que isto ocorra, será dividido o mapa do fluxo de valor em dois “*loops*”: i) *Loop* puxador: neste loop inclui o fluxo de material e de informação entre o cliente e seu processo puxador, está próximo do final e a maneira de como ele é administrado impactará todos os processos anteriores naquele fluxo de valor; ii) *Loops* adicionais: situados antes do loop puxador, existem os loops do fluxo de material e do fluxo de informação entre as puxadas (ROTHER; SHOOK, 2012).

A divisão em *loops* é uma boa maneira de dividir esforços de implementação do estado futuro em partes administráveis, deverá ser especificado os objetivos e a meta para cada *loop*, para ser trabalhado individualmente cada etapa. Para os casos que tem processos com tempos de transferência muito diferentes, pode ser utilizado um sistema puxador com estoques intermediários denominados de Conwip que visam balancear estas diferenças de tempos de ciclo (POUND; BELL, SPEARMAN, 2015). Com o acompanhamento do plano anual do fluxo de valor poderá ser avaliado o desempenho do plano futuro. Depois de se ter devidamente implantado o estado futuro, volta-se para o pensamento Kaizen e busca-se novamente realizar a revisão do fluxo de valor. Assim, pode-se avaliar o novo estado atual e identificar causas que estão retardando o fluxo e propiciar a sua revisão em busca de novas oportunidades de melhorias.

5. O Mapa de Fluxo de Valor da situação inicial

O Mapa de Fluxo de Valor – VSM da situação inicial do estudo busca ilustrar o conjunto de processos que agregam e não agregam valor a fabricação de um produto de maneira a possibilitar uma compreensão global do fluxo de valor de uma organização e, a partir deste, identificar oportunidade de melhorias.

A recolha e o tratamento de dados foram realizados a partir de observações feitas diretamente no local de trabalho, por meio de entrevistas com os diversos membros das equipes ao longo do processo industrial, da análise dos documentos acerca dos processos de fabricação e do referido tratamento destes dados.

A sequência de coleta de dados e análise dos processos de fabricação levaram em consideração o processo final que agrega valor ao produto e, a partir deste, foram sendo realizadas as análises, rastreamento e compreensões acerca de sua manufatura.

Devido a diversidade de processos e critérios de desempenho de seus tempos de ciclos por unidade produzida, ao realizar a leitura do mapa faz necessário a observância das unidades de medidas utilizadas em cada processo.

Nas caixas de dados dos processos que apresentam produção contínua, os valores reportados são referentes aos tempos de ciclo inerentes ao valor da sua respectiva

unidade de medida por hora trabalhada. Para aqueles processos que se utilizam das unidades inteiras de medidas foi mantida a unidade produzida como referência.

A fim de harmonizar estas diferenças de medições e de tempos de processamento para a formação do tempo total de valor agregado de um produto, na linha do tempo localizada na parte inferior do mapa é possível fazer a leitura do total necessário para a fabricação de um produto WPF.

Foi identificado que para a fabricação do WPF existem dois fluxos principais de fabricação, um tendo como base tecidos oriundos dos fornecedores e outros com o uso misto de tecidos oriundos de fabricação interna mais tecidos comprados de fornecedores.

Para fins de análise, foi realizada a separação destes dois tipos de processos para que seja possível a realização de análises de maneira a propiciar maior detalhamento dos seus fluxos e dos materiais dentro do ambiente industrial.

Para melhor representação dos fluxos, foram feitos dois mapas distintos, um para um processo no qual todos os rolos foram adquiridos de fornecedores e outro com dados da fabricação interna. Por questões de privacidade estes mapas não serão apresentados neste artigo.

Para a concretização de todo o lote de fabricação de produtos oriundos de fornecedores foram necessários 78 dias de lead time sendo 9 dias dedicados a atividades com agregação de valor ao produto. Este fato ocorreu pela produção antecipada de corte que ficaram estocadas no sector de confecção a espera para serem confeccionadas. Este fato ocorre pela diferença de tempo de ciclo entre a confecção e o corte bem como pelo agendamento feito no sistema que tem programado a fabricação em lotes.

O trabalho de fabricação do filtro é iniciado na urdideira, passando pela tecelagem. Nesta os operadores são multifuncionais e realizam suas tarefas em vários teares simultaneamente. Depois de realizado o processo de tecelagem o rolo de tecido foi conduzido a inspeção que é denominado de processo de Revista. Nela é realizada a marcação das falhas no rolo com uma fita azul e é apontado na Folha de Revista a distância no rolo em que o problema foi identificado, o tipo de defeito e a quantidade do mesmo. Também é extraída uma amostra do tecido cru em conjunto com os documentos da Revista e estes são enviados para análise de laboratório. Essa documentação com os detalhes da inspeção não é registrada no sistema SAP. Eles são scaneados e estes arquivos ficam armazenados no banco de dados anexo ao sistema. Somente depois da amostra ser aprovada pelo laboratório e qualidade é que o tecido é liberado para os próximos passos do processo de termo fixação e de calandragem.

Depois de finalizado o processo do tecido do filtro este é armazenado em forma de rolo até que seja solicitado pelo setor de corte. O corte é realizado por máquinas a laser e as peças depois de cortadas são enroladas em um contendor que depois de ser completo é transportado para o sector de confecção e lá ficam à espera do início da costura. No sector de confecção as peças são costuradas em máquinas de costura industrial de grande porte por duas costureiras para a finalização de um filtro. Depois de costuradas as peças são acondicionadas em caixas que são pesadas e identificadas. Estas informações servem para a elaboração do *packing list*.

Ressalta-se novamente que para o cálculo do tempo de fabrico com e sem valor agregado não podem ser calculados diretamente pela subtração linear dos tempos, pois existem processos que ocorrem simultaneamente e precisam ser levados em consideração as diferenças de turnos de cada setor de trabalho.

Para fins de análise somente do fluxo de fabricação foi elaborado um novo indicador, no qual foi excluído o tempo de espera dos fios no estoque e o tempo de estoque na expedição, sendo este indicador denominado de *lead time* do processo de fabrico. Assim, constatou-se que o *lead time* total de fabrico (tempo decorrido desde a Urdissagem e o final da confecção) foi de 66 dias e para a concretização de todo o lote de fabricação foram dedicados 17 dias de atividades com agregação de valor ao produto.

6. Apresentação da proposta de situação futura do fluxo de valor do processo nivelado e integrado

Neste tópico será apresentada e debatida uma das propostas de melhoria elaboradas, sob a perspectiva da filosofia *Lean Management*, com vistas a dirimir o fluxo de valor de produção do WPF. Para tal, primeiramente, foram elaborados alguns gráficos e cálculos que apresentam o comportamento do fluxo dos materiais e do processo manufatureiro. Posteriormente é apresentada a proposta de situação futura do Mapa de Fluxo de Valor e finaliza com o debate de alguns pontos a serem melhorados para possibilitar a sua implantação, conforme ilustrado na Figura 1. Por questões de confidencialidade somente será apresentada a parte da linha corte e confecção.

A proposta de Mapa de Fluxo de Valor da situação futura tem como sistemática geral do fluxo de produção por meio da gestão visual e é composta de dois momentos de produção com concepções distintas: i) Fluxo de valor baseado nos pedidos dos clientes, o qual busca dar velocidade de resposta da fabricação para as demandas efetivas de mercado por meio de um processo nivelado e integrado dos setores de corte e confecção e ii) fluxo de valor dos processos de fabricação e compra de tecidos que seguem as previsões de vendas mas gerenciados por um *buffer* consorciado com um processo contínuo e puxado de fabricação e de compras.

O fluxo de valor do processo nivelado e integrado dos sectores de corte e confecção é iniciado a partir que o pedido é confirmado pelo cliente para a área comercial que estabelece o quadro de entregas diárias. Este quadro visa estabelecer a velocidade de entrega para o mercado.

Primeiramente faz-se necessário a organização do *layout* da fábrica com a definição e pintura dos espaços para as linhas de controle de fluxo integrado que terão suas áreas demarcadas e identificadas no piso. Somente nestas áreas é que serão aceitos o armazenamento de contenedores *Pich* de produção. Como contenedor *Pich* entende-se como aquela embalagem com uma quantidade padrão de produtos em seu interior que tenha capacidade de atender ao *Takt Time*. Estes contenedores necessitam possibilitar a movimentação ao longo da linha de fluxo integrado.

Toda vez que um espaço demarcado da linha de fluxo integrado indica para o posto seguinte a necessidade de produção. Quando o último ponto demarcado estiver completo estabelece a parada de produção do processo precedente e este necessita seguir os critérios de continuidade do processo a seguir descrito.

Também necessitam ser dimensionados e demarcados os espaços referentes ao depósito dos contenedores *Pich* vazios, da linha de controle de fluxo integrado dos rolos, da área de embalagem das caixas, do local onde as caixas ficarão ao longo do processo até serem encaminhadas a expedição e das áreas de circulação das empilhadeiras e dos demais materiais. O dimensionamento da linha de fluxo integrando o corte com a confecção deve levar em consideração o corte de peças necessários para um rolo de tecidos.

A área comercial calcula primeiro o *lead time* do fluxo de resposta ao mercado que é o produto do tempo de ciclo nivelado e integrado da linha de confecção (CTnif) pela quantidade de produtos comercializadas (Qpx).

O tempo de definição deve levar em consideração o *lead time* de processamento do processo puxador corte/confecção e o tempo do fluxo da informação. Um fato observado foi a rápida resposta que os clientes tem em relação as suas demandas. Tão logo as suas demandas caem eles fazem o cancelamento dos pedidos, mesmo que estes já estejam em produção. Também este quadro pode ser utilizado para ajustar o cancelamento ou solicitação de envios dos pedidos em data posterior ao previsto pelos clientes.

Esta definição ajustada pela área comercial é enviada para o sector de expedição que organiza o quadro de entregas diárias e para o setor de confecção.

A supervisão de confecção faz o seguinte *fine tuning* da produção: i) calcula o ritmo *pich* da ordem de fabricação a ser expedida e os distribui em quantidades de caixas *pich* por meio de uma sistemática compassada e gerenciada por um *Heijunka* semanal com planeamento por turno e por dia da semana; ii) encaminha o sequenciamento das ordens das ordens de cortes que serão armazenadas em um dispositivo que garante o FIFO.

Fonte: elaborado pelos autores.

A supervisão de produção tem a função de tão logo receba uma notificação da área comercial de que o lote vai ser atrasado realizar o deslocamento da placa de Pare (*Stop*) para o último *pich* da linha. Esta informação sinaliza para os processos seguintes que não necessitam continuar a realizar a produção para aquela ordem naquele momento e podem iniciar o processo da ordem de fabricação – OF seguinte. Também realiza a revisão do planeamento das OF's e da distribuição das caixas de expedição ao longo do quadro *Heijunka* semanal.

Uma característica do *mix* produtivo é a de apresentar tempos diferentes de corte e de confecção entre as peças. O supervisor pode balancear a linha intercalando o número de caixas na linha de modelos diferentes entre as OF's a serem fabricadas. Esta ação propicia um balanceamento entre o corte e a confecção, ou seja, num determinado momento o ritmo do corte será mais rápido do que o das confecções e noutro vice e versa. No final do ciclo há um ganho para todo o sistema pois não há paradas de máquinas por espera entre os postos. Para se definir qual a melhor regra de sequenciamento a ser utilizada faz-se necessário um estudo dos tempos de ciclo de todos os produtos que utilizam aquela linha e, a partir deste, definir a regra de sequenciamento que lhe melhor se adequa para balancear o fluxo do *mix* em produção.

Esta sistemática pode ser feita com a utilização da placa *Stop* sendo colocada na área de armazenamento de contentores vazios e indicar o número de caixa máximo a serem feitas. O operador do corte deve controlar o número de *Pichs* transferidos demarcando na placa a quantidade transferida.

O quadro *Heijunka* ainda possibilita a equipe de empilhadeira saber, antecipadamente, a próxima OF que entrará em produção e já realizar a verificação dos tecidos necessários para o início do corte do novo pedido.

A confecção controla o seu ritmo de produção por meio do controle do número de caixas a serem embaladas por turno por meio de indicadores simples de fluxo como a distribuição do número de caixa a serem feitos no turno pelas horas disponíveis no turno. Este tempo passa a ser o ponto de controle do ritmo da confecção que pode verificar o seu desempenho ao longo do turno. Ao finalizar os produtos de um contenedor *Pich* a equipe de confecção realiza o transporte do contentor vazio para a sua respectiva área de armazenamento. Depois realiza o deslocamento do próximo contêiner que vai para área a área de trabalho e os demais devem ser deslocados para os postos seguintes. Os contentores podem ser interligados quando da sua movimentação na linha por meio de trilho e rolos em declínio para uso da gravidade. O gerenciamento do corte é realizado por meio da gestão visual da linha de fluxo integrado da área de confecção. O operador, ao iniciar um processo de corte, necessita seguir uma sequência de procedimentos para que seja garantido o ritmo puxado da fabricação. Primeiro ele verifica se a OF está finalizada ou não. Esta ação é feita pela contagem de peças fabricadas e aprovadas pelo sector de corte. Se a OF foi finalizada ele vai até o Quadro de sequência das OFs de corte e inicia o *setup* da máquina e inicia o processo de fabricação do primeiro lote de acessórios, caso necessário. A quantidade a ser cortada de acessórios para OF no início do processo deve ser a quantidade inerente do corte de 3 *Pichs* do produto principal. Finalizado o corte dos acessórios estes são enviados para o local de peças acessórias.

Em seguida é verificado se há necessidade de materiais na linha por meio da visualização de espaços vazios da linha. Também necessita verificar se o tempo de ciclo do corte é maior do que o da confecção. Neste caso ele abre a linha de produção e indica o número da ordem que vai necessitar de apoio ao corte. Feitos estes procedimentos é iniciado o corte das peças da OF até o preenchimento do contêiner *Pich* que deve ser deslocado até a área livre do fluxo integrado da confecção.

A fabricação do novo *Pich* só é iniciada se a quantidade da OF não foi finalizada. Se ela não foi deve-se verificar se há sinal de parada do mercado (*Stop*). Se não tem parada do mercado (*Stop*) é verificado se a linha tem necessidade. Se tem, fabrica mais um *Pich*, se não verifica se o rolo tem capacidade de produzir de produzir mais de um *Pich*. Se o rolo não tem capacidade de completar um *Pich* este deve ser cortado. Ao finalizar o corte o operador novamente confere a sequência e se a linha ainda estiver cheia ele deve finalizar a produção e armazenar este *Pich* incompleto na área denominada de *Pich* incompleto.

Neste instante deve ser verificado se há necessidade de abastecimento de linha complementar de apoio ao corte de outro posto de confecção. Se nesta linha de apoio tem necessidade, ele busca o contentor vazio daquela linha e faz a produção. A cada transferência de *Pich* de apoio o operador deve verificar o comportamento da sua linha de abastecimento principal de sua OF. Se esta linha entrar no amarelo ele para a fabricação para a linha de apoio e retorna a produção para sua linha principal. E assim retorna ao início do ciclo de funcionamento de fabricação.

Para realizar o dimensionamento do IPK – *In Process Kanban* faz-se necessário o desenvolvimento do modelo de cálculo ponderado do mix de produção e de seus tempos de preparação e de manufatura de todos os produtos que no posto é processado e das diferenças de turnos entre os processos. Devido ao tamanho dos rolos e dos *pich* de movimentação das peças em processos, os IPFs podem ser pintados do piso da fábrica. Para melhor movimentação faz-se necessário a confecção de dispositivos móveis que façam a movimentação dos rolos de tecidos e caixas *pich* ao longo dos *IPKs* mantendo a sequência de FIFO dos processos. Estes dispositivos de movimentação além de facilitar a movimentação dos materiais propicia maior segurança ao processo devido a sua constituição evitar que haja a rolagem dos rolos de tecidos, pois a sua maioria apresenta peso superior a 100 kg e seu deslocamento (rolagem) pode causar acidentes ou danificar o produto.

Ao se adotar estas ações, projeta-se um tempo de ciclo total de 21,6 dias com um tempo de ciclo para a produção de todo o lote com valor agregado fica em 4,6 dias.

7. Síntese dos resultados e as considerações finais

O presente trabalho teve como objetivo principal realizar o estudo do Mapa de Fluxo de Valor da situação atual do produto WPF em uma empresa fabricantes de filtros líquidos para a indústria de mineração e propor a elaboração de uma proposta de situação futura.

Ao se analisar a situação atual do fluxo de valor pode-se observar que o maior problema relatado, desde as gerências até os operadores, era o alto volume de estoques existente na fábrica, fato que causa vários problemas como os relacionados a movimentação de materiais, falta de espaço nas prateleiras, espera no fluxo de produção e até mesmo foram observados momentos de desabafo de operadores pelo *stress* gerado da falta de gestão eficiente destes produtos ao longo de toda a planta industrial.

A síntese das propostas busca retratar as ações de uma situação futura que envolvam melhorias principalmente nos processos e fluxos de materiais e de informações.

Em relação ao mercado verifica-se que a sua característica é de grande variabilidade no fluxo de pedidos, seu cancelamento e de prazos para a entrega. Assim, o plano de vendas continua a ser utilizado, mas o seu desdobramento na fábrica fica delimitado a criação de um *buffer* de rolos que possa atender ao aumento de pedidos. Seu volume necessita ser calculado para atender o mix de produção por meio do cálculo de *takt time* ponderado. Atingido este *buffer*, não serão mais fabricados tecidos para o cumprimento do plano de vendas.

Consoado a este *buffer* estabelece-se um quadro *Kanban* ao final da Calandra que serve de *loop* puxador do fluxo de produção da fábrica à medida que o consumo dos rolos é utilizado pelo setor de corte. Este quadro apresenta dois fluxos de informações, uma por meio de um *Kanban* de disparo que serve para autorizar o início da fabricação e outro pelo *Kanban* de produção que fica ao final do fluxo que serve para gerenciar o andamento da fabricação e a conferência do que foi feito.

Caso a demanda tenha um aumento de vendas além da capacidade dos *Kanbans* estabelecidos para o *takt time* da demanda média ponderada de fabricação, faz-se uso do *buffer* estabelecido pela previsão de vendas. Revisão do volume do *buffer* e do plano de vendas somente vai ocorrer antes do final do seu período de vigência quando não houver movimentação do *buffer* para atender demandas não planejadas, ou seja, quando a quantidade prevista no plano de vendas é inserida no *buffer* não for utilizada por mais de 3 meses. No sentido inverso, quando houver um aumento de consumo, a revisão do plano de vendas e do *buffer* faz-se necessária quando sua utilização entrar em nível crítico e permanecer por mais de um mês ou quando entrar e sair em nível crítico durante três meses seguidos.

Outra proposta é a alteração do prazo de pedidos de compras de tecidos para os fornecedores com vista a ganhar velocidade de resposta ao mercado e possibilitar a redução de 50% do volume de estoque de produtos comprados no mês. Esta ação também melhora o fluxo financeiro de maneira que reduz também o prazo entre o pagamento dos fornecedores e o recebimento dos produtos.

O fluxo nivelado e integrado do corte com a confecção possibilita um ritmo compassado entre os dois sectores fato que possibilita o ganho de produtividade e a possibilidade de flexibilidade de utilização da máquina laser para atender com maior agilidade os processos em que há diferenças de tempos entre ambos. Isto é possível pela implantação das linhas de *IPKs* principais e de apoio. Com esta ação evita-se um estoque maior do que 2 dias de produtos cortados até que os mesmos sejam confeccionados. Este fato se deve a diferenças de turnos entre o corte (5 turnos) e a confecção (3 turnos).

Como resultados finais da implantação destas melhorias, pode-se verificar que o fluxo de fabricação com produtos comprados o seu *lead time* total apresenta um ganho de fluxo de 261%. O valor agregado de um produto propicia um ganho de 46,3% no tempo de confecção e corte do WPF. O tempo previsto para fazer a adequação desta proposta para toda a fábrica é estimado em dois anos.

Como comentário final das questões de implantação de melhorias propostas fica a recomendação da elaboração e controle das variações dos tempos de preparação de máquinas e da variabilidade dos tempos de fabricação nos diversos processos observados na fábrica. A variabilidade de processos pode gerar dois problemas principais em um sistema integrado de manufatura que é a geração de filas pela antecipação de produção ou para geração de lacunas inerentes aos processos que atrasam. Quanto maior o nível de variabilidade maior vai ser a necessidade de *IPK* ao longo da fábrica a fim de manter balanceado o fluxo de produção.

Para realizar o controlo *lean* do fluxo sugere-se como indicador o percentual de atendimento do *lead time* integrado e nivelado de pedidos de clientes elaborados pela área comercial. Este indicador está diretamente alinhado com o mercado e reflete a capacidade da empresa em atender os pedidos confirmados dos clientes dentro dos prazos estabelecidos.

Um segundo indicador de controle parcial do fluxo de produção pode ser estabelecido por meio da taxa de variação dos tempos decorrido entre o início da produção por meio do *Kanban* de disparo até sua consolidação final com o *Kanban* de produção. Esta taxa possibilita verificar o qual variável está o processo de fabricação.

Como estudos futuros, sugere-se que sejam realizados os estudos de fluxo do *mix* de produção das famílias de produtos para a elaboração dos *IPKs* ao longo da fábrica. O estudo dos *Takt Time* ponderados e a partir destes a elaboração das linhas de *IPKs* ponderadas para atender os *mix* de produção das famílias de produtos é crucial para que seja possível o sincronismo efectivo puxado da fabricação.

Referências

- BUENO, W. P.; VEIGA, C. H. A. Estudo do mapeamento do fluxo de valor na formação do cabedal de calçados femininos. *Revista Gestão Industrial*, v.12, n.14, 2016, p.127-149, DOI: 10.3895/gi.v12n4.4852.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. *Pesquisa em Administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2005
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. *Métodos de pesquisa em administração*. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de produtos e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2. ed. São Paulo: Atlas. 2006.
- COSTA, I. J. S.; GONÇALVES JUNIOR, E. R.; GONÇALVES, V. S.; PACHECO, A. T.; COSTA, M. C. Aplicação de fluxo contínuo no processo de produção: um estudo de campo na fábrica de massas Scayners Ltda. *Brazilian Journal of Development*, v.4, n.3, p.950-965. 2018.
- DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. *Fundamentos da Administração da Produção*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.
- ELIAS, S. J. B.; OLIVEIRA, M. M.; TUBINO, D. F. Mapeamento do Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Gesso. *Revista ADMpg Gestão Estratégica*, v.4, n.1, 2011.
- LACERDA, A. P.; XANDRE, A. R.; ALVELOS, H. M. Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, v.54, n.6, 2016, 1708-1720.
- LIMA, D. F. S.; ALCANTARA, P. G. F.; SANTOS, L.C.; FREITAS E SILVA, L. M.; SILVA, R. M. Mapeamento de fluxo de valor e simulação para implementação de práticas *lean* em uma empresa calçadista. *Revista Produção Online*, Florianópolis, v.16, n.1, Jan/Mar, 2016, p.336-392. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v16i1.2183>
- LIMA, M. M. X.; BISIO, L. R. A.; ALVES, T. C. L. Mapeamento do fluxo de valor do projeto executivo de arquitetura de um órgão público. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v.5, n.1, 2010. DOI: 10.4237/gtp.v1i1.113
- MARCONI, M. de. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Atlas. 2009.
- MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. *Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais*. 2. ed. São Paulo: Saraiva. 2006.
- NUGROHO, W.A.; SUROSO, J. S. Optimizing Kanban configuration in high mix, low volume environments by applying multi objective genetic algorithm. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* 15th January, v.101. n.1, 2023
- OLIVEIRA, R. C. M.; CORRÊA, V. A.; NUNES, L. E. N. P. (2014) Mapeamento do fluxo de valor em um modelo de simulação computacional. *Revista Produção Online*, jul./set, v.14, n.3, 837-861. DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v14i3.1461>
- PINTO, J. P. *Pensamento Lean: a filosofia dos organizações vencedoras*. 6ª ed. Lisboa: Lidel, 2014.
- RAGHAVAN, V. A.; YOON, S.; SRIHARI, K. Lean transformation in a high mix low volume electronics assembly environment. *International Journal of Lean Six Sigma*, v.5, n.4, 2014, p.342-360.
- REDA, H.; DVIVEDI, A. Application of value stream mapping (VSM) in low-level

technology organizations: a case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 71, n. 6, 2022, p. 2393-2409

ROHANI, J. M.; ZAHRAEE, S. M. Production line analysis via value stream mapping: a lean manufacturing process of color industry. *Procedia Manufacturing*, v.2, 2015, p.6-10

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil, versão 1.4. 2012.

SALEESHYA, P.G.; RAGHURAM, P.; VANSI, N. Lean manufacturing practices in textile industries – a case study. *International Journal of Collaborative Enterprise*, v. 3, n. 1, Mar 2013

SALGADO, E. G.; MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S. D.; OLIVEIRA, E. D. S.; ALMEIDA, D. A. D. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. *Gestão & Produção*, n.16, 2009, 344-356. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300003>

SANTOS, L. C.; GOHR, C. F.; SANTOS, E. J. (2011) Aplicação do mapeamento de fluxo de valor para a implantação da produção enxuta na fabricação de fios de cobre. *Revista Gestão Industrial*, v.7, n.4, p.118-139. D.O.I.: 10.3895/S1808-04482011000400006

SANGWA, N. R.; SANGWAN, K. S. Leanness assessment of a complex assembly line using integrated value stream mapping: a case study. *The TQM Journal* v. 35, n. 4, 2023 pp. 893-923.

SHINGO, S. (1996) *O Sistema Toyota de Produção*. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman.

SHAHIN, M.; CHEN, F.F.; BOUZARY, H. Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. *International Journal Advance Manufacturing Technology*, v.107, 2020, 2927–2936. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05124-0>

SILVA, M. S. Q.; ALVES, J. M. *Aplicação do método de mapeamento de fluxo de valor na cadeia de suprimentos de eletrodomésticos*. SIMPOI - Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 14. 2011.

SIRAJUDEEN, R. S.; KRISHNAN, k. A., Application of lean manufacturing using value stream mapping (VSM) in precast component manufacturing: A case study. *Materials Today: Proceedings*, v.65, 2022, p.1105–1111. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.159>

TUBINO.D.F. (2007) **Planejamento e controle da produção**. Teoria e prática. São Paulo: Atlas.

TYAGI, S.; CHOUDHARY, A.; CAI, X.; YANG, K. Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, v.160, 2015, p.202-212. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>

VEIGA, C. H. A.; CERESA, D. Mapeamento do fluxo de valor do desenvolvimento de mostruários: uma investigação em uma indústria de confecções. *REDIGE*, v.4, n.2, 2013.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. *A máquina que mudou o mundo*. 4. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 332 p., il. Inclui bibliografia e índice. ISBN 9788535212693.