

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

AMANDA YUKI SHIMOSAKA

**AVALIAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAIS NO SETOR DE ESTAMPARIA DE UMA
EMPRESA METALMECÂNICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

PATO BRANCO

2019

AMANDA YUKI SHIMOSAKA

**AVALIAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAIS NO SETOR DE
ESTAMPARIA DE UMA EMPRESA METALMECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, da Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dr. Marcelo Trentin

PATO BRANCO

2019



AVALIAÇÃO DO FLUXO DE MATERIAIS NO SETOR DE ESTAMPARIA DE UMA EMPRESA METALMECÂNICA

por

AMANDA YUKI SHIMOSAKA

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco apresentado no dia 29/10/2019. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin
Prof. Orientador

Prof. Dr. Dalmarino Setti
Membro Titular

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira
Membro Titular

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

SHIMOSAKA, Amanda Y. **Avaliação do Fluxo de Materiais no Setor de Estamparia de uma Empresa Metalmeccânica**. 2019. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

A atual economia mundial as empresas são forçadas a buscar alternativas que possam mantê-las ativas e atrativas no mercado. Estudos sobre o processo produtivo são ótimos meios de reduzir custos e agilizar a produção. Avaliar o fluxo de materiais dentro da planta da empresa pode apontar vários problemas de processo, como excesso de movimentação, tempo de espera entre processos e gargalos de produção. O presente trabalho realizou um estudo do fluxo de materiais dentro de uma estamparia do ramo metalomeccânica, com o intuito de apontar a melhor configuração de fluxo para o processo da peça PX. A partir dos cinco fluxos considerados, foi possível observar que um processo contínuo, utilizando prensas de mesma velocidade otimizam a produtividade do processo.

Palavras-chave: Fluxo de materiais, movimentação, redução de custos.

ABSTRACT

SHIMOSAKA, Amanda Y. **Material Flow Rating in the Stamping Sector of a Metalworking Industry**. 2019. 28 pages. Specialization Monograph in Production Engineering – Federal University of Technology from Paraná. Pato Branco, 2019.

The current world economy the companies are forced to look for alternatives tha make them keep activate and attractive in the market. Estudios about the productive process are great ways to reduce costs and otmize the production. The materials flow evaluation in the industry's layout can show a number os processes problems, such as excesso handdling, interprocess lead times and productions bottlenecks. This present work performed a study of material flows inside a metalworking industry, looking for the best flow configuration to the process of the part PX. From the five configurations considerated, it was possible to observe that the continuous process, using presses with similar velocities optimize the productive of the process.

Keywords: *Flow materials, movimentation, costs reduction.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVO DA PESQUISA	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
3	METODOLOGIA	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	14
4.1	ANÁLISE DE RESULTADOS	25
5	CONCLUSÃO	27
	REFERENCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento industrial fez com que as empresas entrassem em uma corrida para se manter no mercado, buscando constantemente processos mais eficazes e a redução de custos de produção. Uma das alternativas sugeridas é a de avaliar o gerenciamento da cadeia de suprimentos da empresa, por meio dela, é possível avaliar se a empresa possui ou não condições de atender as necessidades de seus clientes de forma efetiva (CHOPRA; MEINDL, 2013).

Slack (1999) ressalta que por meio da gestão de cadeia de suprimentos (GCS) é possível definir quais os objetivos da empresa em relação à produção, entre qualidade, custo, flexibilidade, rapidez e confiabilidade.

Para Goldsby e García-Dastugue (2003) produzir uma série de produtos em quantidades elevadas torna a GCS bastante desafiadora. A gestão de fluxo de manufatura permite a flexibilização da produção e a movimentação dos produtos na cadeia de suprimentos, sendo um ponto atrativo quando a empresa busca uma relação entre flexibilidade, custo e rapidez de produção. Complementando, Moura (1983) aponta o fluxo da manufatura como uma arte da racionalização dos movimentos, com economia e segurança. Desta forma, Chopra e Meindl (2013) acreditam que a tomadas de decisão em relação ao fluxo da produção, podem ser o ponto chave para o sucesso de uma empresa.

Martins e Laugeni (2006) determinam o fluxo da manufatura como o caminho que o material percorre até sua transformação final dentro de um processo produtivo, incluindo processo de transformação, movimentação, armazenamento. Sendo estas atividades podendo agregar valor ou não ao produto final, gerando influência direta no custo da produção.

Para que o fluxo da manufatura seja eficaz faz-se necessário avaliar o *layout* que a empresa possui, sendo o arranjo físico uma das características mais influentes na forma de operação, pois ele determina a maneira como os recursos são transformados. Qualquer alteração, por menor que seja, pode causar grandes impactos na produção (SLACK et al, 1999).

1.1 OBJETIVO DA PESQUISA

Para o estudo em questão, traçou-se como objetivo, a avaliação do fluxo de movimentação de materiais em um setor de estamperia de uma empresa do ramo metalmeccânico, visando obter a melhor combinação de operações com o intuito de otimizar o processo produtivo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Lambert (2004) aponta oito principais processos dentro da GCS, sendo eles: Gestão do relacionamento com clientes; Gestão de relacionamento com fornecedores; Gestão do serviço aos clientes; Gestão da demanda; Gestão do fluxo de manufatura; Desenvolvimento de produtos e comercialização; e Gestão do retorno. Onde a gestão do fluxo de manufatura gera a habilidade de produzir uma variedade de produtos no menor tempo e custo possível, permitindo a maior flexibilidade de produção.

Segundo Moura (1983) para que ocorra o processo de transformação de um produto temos como os três elementos básicos da produção o colaborador, máquina e matéria prima. Para que ocorra a transformação da matéria prima em produto acabado, pelo menos um destes três elementos deve ser movimentado. As movimentações de material representam uma boa parcela dos custos e tempos de produção, servindo de incentivo para estudos de melhoria do fluxo de materiais dentro de uma empresa.

Goldsby e García-Dastugue (2003) sugerem, a nível operacional, determinar a rota e a velocidade de atravessamento da produção, um planejamento da produção e do fluxo de materiais, executar o planejamento de demanda e medir seu desempenho. Para isso faz-se necessário fazer o levantamento da capacidade produtiva em termos de equipamentos e mão de obra.

Slack et al (1999) traz a importância em considerar a sobreposição entre o projeto de produtos com o projeto de processos, na hora de considerar o custo de produção, ou seja, não somente avaliar o projeto do produto, mas também avaliar como será o processo de transformação, considerando as necessidades e operações que serão desenvolvidas. Outro ponto muito importante a ser considerado é a rapidez da operação interna, onde possuímos o tempo de resposta aos consumidores entre pedido e entrega de produto. Para que este processo seja efetivo, é necessário otimizar a tomada de decisão, movimentação dos materiais e as informações internas de operação. O volume e a variedade de produtos vão definir como a produção irá ocorrer, considerando aspectos de qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo.

Moura (1983) aponta o movimento, tempo, lugar, quantidade e espaço como propósito básico da movimentação de materiais, os quais não podem ser avaliados separadamente, sendo dependentes um do outro. A análise do fluxo de manufatura

possui como objetivos: redução de custos, aumento de capacidade produtiva, criação de melhores condições de trabalho. Da mesma maneira Machline e Schoeps (1974) aponta além da redução de custos, um fluxo sem congestionamentos, acúmulos e falhas devido à falta de abastecimento dos postos de trabalho.

Seguindo por esta linha Womack e Jones (1996) trazem o *lean thinking* (LT) no processo produtivo com propósito diminuir desperdícios, entre eles, a movimentação sem propósitos, a qual não agrega valor nenhum ao produto. Desta maneira, o LT aborda processos com máxima eficiência, com menor desperdício possível, trabalhando com uma produção de fluxo contínuo, sob demanda, gerando um custo menor no processo produtivo, trabalhando apenas com processos que agreguem valor real ao produto. É possível identificar os desperdícios de um processo produtivo, avaliando o mapa de fluxo de valor (MFV) do processo. Por meio do MFV é possível observar quais os processos que possuem valor para o consumidor, os processos que não agregam valor, mas são necessários e não é possível eliminá-los e as ações que não geram valor nenhum ao produto e que devem ser eliminadas do processo.

Quando são identificados os desperdícios da produção, é possível utilizar algumas ferramentas para tentar minimizar este problema, um dele é a organização do *layout* da empresa, o qual consiste no arranjo físico dos equipamentos de transformação, gerando influência de forma direta na maneira com que os recursos fluem entre as operações, logo, nos custos e eficácia do processo (SLACK et al, 1999). A elaboração do *layout* deve considerar quantidades a serem produzidas, número de equipamentos, espaços destinados a estoques (MARTINS; LAUGENI, 2006).

A definição de *layout* deve ser realizada com muita cautela, visto a influência que ele gera em cima dos processos, podendo acarretar em fluxos excessivamente longos ou confusos, estoques e movimentações desnecessárias, além de tempos de processamento maiores, inflexibilidade de processos e custos elevados (SLACK et al, 1999; DRIRA et al, 2007).

O rearranjo físico de uma empresa é bastante custoso, além dos gastos com o replanejamento, movimentação de equipamentos e readequação da planta fabril, ainda há a necessidade de interrupção do funcionamento, podendo interferir no atendimento da demanda, gerando insatisfação dos clientes. (SLACK et al, 1999; SINGH; YILMA, 2013, RAWABDEH; TAHBOUD, 2005).

Silva et al (2009) propõem a utilização de *software* de simulação para determinar o comportamento do processo produtivo antes da execução do rearranjo

físico, determinando assim qual o *layout* mais adequado de acordo com o tipo da empresa e do processo produtivo realizado. Seguindo este conceito, Silva e Scarpin (2017) trazem, por meio de simulação computacional o impacto da organização de armazenagem e movimentação de materiais dentro de uma empresa, identificando de ociosidade na atividade de armazenagem, devido à falta de organização, áreas de abastecimento próximas a linha de produção armazenando materiais de baixo giro. Com a simulação é possível observar ganhos de produtividade e redução de trajetos percorridos pelo material.

Um estudo apresentado por Medeiros et al (2011) mostra os benefícios do rearranjo do *layout* e da organização do estoque com utilização de endereçamento fixo e variável, em termos de redução de distância percorrida de materiais, aumento da qualidade e diminuição de perdas de materiais devido a danos gerados pelas limitações físicas dos estoques, consequentemente, a otimização do fluxo de materiais.

Para Conceição (2005) o estudo da aplicação de células de manufatura em uma indústria moveleira, é bastante eficiente, trazendo benefícios como reordenamento das operações-chave da produção, facilidade de planejamento devido a definição de fluxos mais simples de produção, redução de custos de processo, tornando assim a empresa mais competitiva.

Considerando a importância da análise do fluxo de manufatura dentro de uma empresa e visando a contribuição para o tema, o presente trabalho apresenta um estudo de caso em uma empresa de produção em massa de chapas de aço conformadas por processo de estampagem, focando na avaliação do melhor fluxo de manufatura de um produto envolvendo quatro processos, os quais podem ser executados em diferentes maneiras.

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma empresa do ramo metalmeccânico instalada no sudoeste do Paraná, a qual presta serviços de ferramentaria e estamparia, voltada para a linha branca. A empresa possui quatro principais clientes de diversas regiões e um quadro de funcionários com 50 colaboradores. Para o estudo de caso, a análise foi realizada no setor de estamparia, onde há um *mix* de 90 produtos, envolvendo 200 processos, a média de saída de é de 400.000 peças/mês.

A produção das peças são por contrato de venda ou terceirização, utilizando ferramentas próprias ou em comodato com o cliente. A escolha do setor ocorreu devido ao volume do *mix* de produtos e operações, gerando a necessidade de uma melhoria do processo, otimizando o fluxo do processo produtivo. A escolha do produto foi determinada pelo número de fluxos possíveis, valor agregado e número de processos de transformação.

Para alcançar o objetivo deste trabalho foram realizadas as seguintes etapas:

- (1) Definir o produto e a justificativa da escolha;
- (2) Levantar os dados de demanda do produto;
- (3) Levantar o *layout* atual da empresa e os equipamentos;
- (4) Levantar as restrições do processo e os possíveis fluxos de produção pelo qual podem ocorrer a transformação da matéria prima em produto final;
- (5) Avaliar os pontos positivos e negativos de cada um dos fluxos;
- (6) Desenvolver o diagrama de espaguete dos possíveis fluxos;
- (7) Propor a movimentação mais adequada para o aumento da produtividade;
- (8) Disseminar o conhecimento obtido.

Após a escolha do produto foram analisados as distâncias percorridas em determinados fluxos e o tempo de processo das operações nos equipamentos. A coleta de dados foi realizada em dias típicos de produção em que o produto escolhido estava em processo.

Foram levantadas todas as possíveis combinações de fluxos em relação aos diferentes equipamentos utilizados, mas foram considerados apenas fluxos que tornam o processo o mais contínuo possível, ou seja, que permitissem a produção simultânea em todas as operações, salvo casos em que a empresa já utiliza a mesma máquina para mais de uma operação.

A distância percorrida pelo material, foi realizada por meio da determinação do fluxo na empresa, onde foi realizado comparativo com auxílio de *software*, utilizando a dimensão entre os pilares, equivalente a cinco metros, como escala.

Para determinar o melhor fluxo possível, foi considerado a menor movimentação utilizada em distância percorrida, o menor tempo de atravessamento de uma peça, necessidade de estocagem de peças em processo e equipamentos gargalos utilizados no processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho foi aplicado no setor estamparia, com o intuito de fazer o levantamento do fluxo do processo de uma determinada peça, denominada de Produto X (PX). Este produto passa por quatro processos de estampo, sendo elas operações de repuxo, corte, dobra e furação até chegar no seu estado final. A escolha do PX ocorreu devido ao valor agregado que possui, ao fato do processo possuir várias possibilidades de fluxo, dimensão e volume do produto, que dificultam sua movimentação e principalmente pelo fato de utilizar máquinas gargalos na empresa na configuração dos fluxos, além de possuir uma projeção de dobrar o volume atual de demanda. Atualmente os pedidos do PX são feitos em lotes de 1200 peças, e possuem uma demanda em torno de 10000 peças/mês.

O *layout* atual da empresa é composto por 19 prensas, sendo 18 excêntricas e uma prensa hidráulica. O estado atual da estamparia é representado na Figura 1.

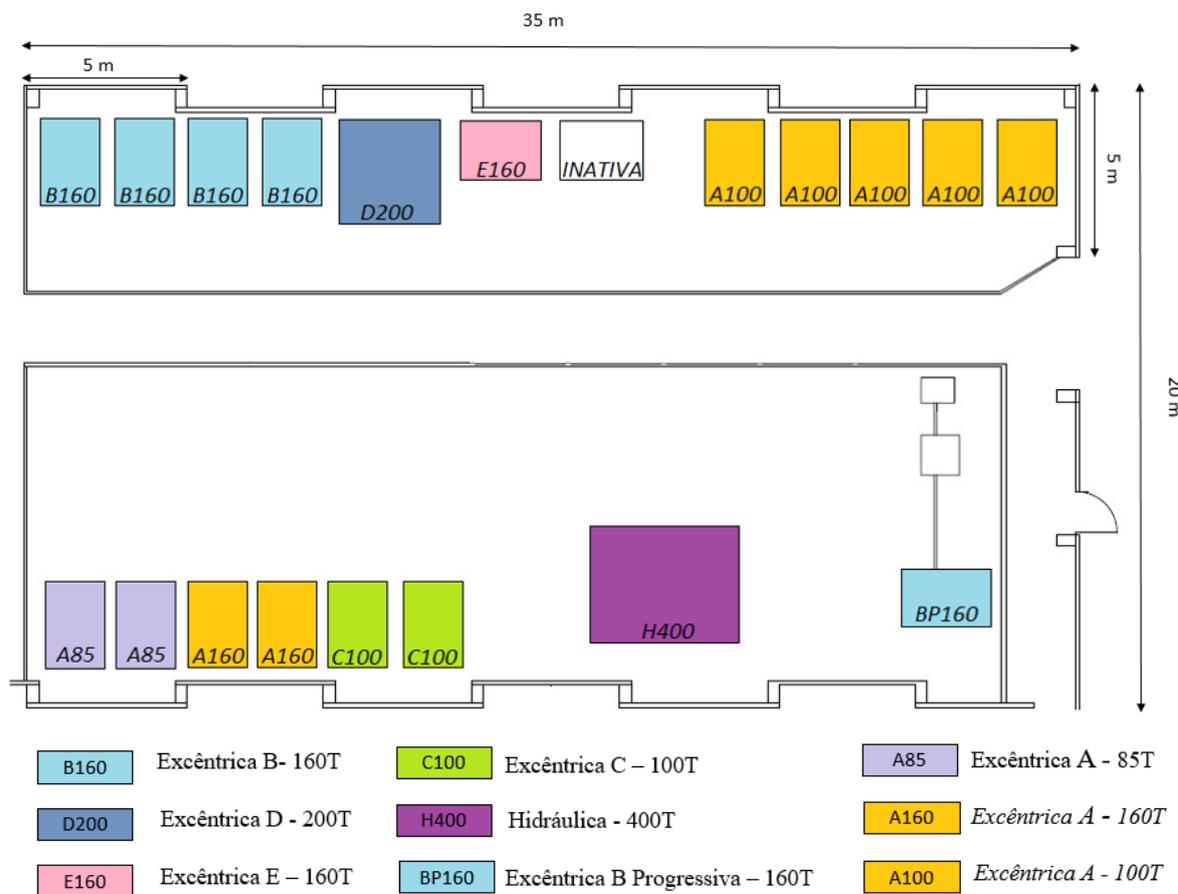


Figura 1 - Layout Atual
Fonte: Autoria própria, 2019

A prensa inativa apresentada na Figura 1 está sendo montada e já consta no *layout* mesmo sem estar liberada para utilização. As capacidades e tipos são listadas na Quadro 1.

Quadro 1 – Prensas e capacidade

Codificação	Prensa	Quantidade
<i>A85</i>	<i>Prensa Excêntrica A - 85T</i>	2
<i>A100</i>	<i>Prensa Excêntrica A - 100T</i>	5
<i>A160</i>	<i>Prensa Excêntrica A - 160T</i>	2
<i>B160</i>	<i>Prensa Excentrica B- 160 T</i>	4
<i>C100</i>	<i>Prensa Excêntrica C – 100T</i>	2
<i>BP160</i>	<i>Prensa Excêntrica B Progressiva – 160 T</i>	1
<i>D200</i>	<i>Prensa Excêntrica D 200 T</i>	1
<i>E160</i>	<i>Prensa Excêntrica E</i>	1
<i>H400</i>	<i>Prensa Hidráulica 400T</i>	1

Fonte: Autoria própria, 2019

Os indicadores A,B,C,D, E apresentados na codificação do Quadro 1 determinam diferentes marcas de prensas, logo, algumas medidas e configurações das prensas são diferentes, como tamanho de mesa, tipo de fixação, altura de trabalho da prensa e velocidade, pontos que devem ser considerados durante o processo de produção, devido a variação das dimensões e necessidades das ferramentas utilizadas.

É importante lembrar que as prensas envolvidas no processo, com exceção do modelo B160 são consideradas gargalos de produção, visto que há apenas uma máquina de cada um dos demais modelos utilizados. A D200, é a excêntrica de maior capacidade, além de comportar, na maioria dos processos, duas ferramentas simultaneamente para a produção, devido as dimensões do equipamento. No caso da E160, apesar de possuir a mesma capacidade da maioria das outras prensas, ela possui uma dimensão de mesa maior que as demais, sendo essencial em processos com ferramentais maiores. A H400 é a única hidráulica no processo, possuindo dez ferramentas que devem passar exclusivamente por ela, além dos demais processos que podem ser realizados nela, de acordo com a necessidade de produção. A BP160 tem como diferencial das B160, permitir um processo progressivo por conter um

alimentador automático acoplado na prensa e desbobinador, logo, todos os processos onde são utilizadas matéria prima em bobina, são exclusivos desta máquina, atualmente ela permite produção de todos os processos que ocorrem nas B160, e mais 14 processos progressivos exclusivos, outro ponto levado em consideração da BP160 é que ela possui cortinas de segurança móveis, permitindo o posicionamento de ferramentais maiores do que os possíveis nas prensas B160, as quais possuem cortinas de segurança fixas.

A transformação do produto PX ocorre em quatro etapas, as restrições do processo, ocorrem devido ao projeto do ferramental, que segue o padrão do cliente, logo, as dimensões da ferramenta, tipo de fixação e capacidade de prensa necessária, são determinadas de acordo com as prensas do próprio cliente, visto que este processo pode ser internalizado em algum ponto. As restrições de processo são apresentadas no Quadro 2, onde possuímos a relação das prensas em que os processos podem ser realizados.

Quadro 2 – Processos e Prensas Utilizadas

Processos	Possíveis prensas utilizadas no processo
<i>Operação 1 (OP1) - Repuxo</i>	H400
<i>Operação 2 (OP2) - Corte</i>	D200; E160
<i>Operação 3 (OP3) - Dobra</i>	D200; H400; BP160
<i>Operação 4 (OP4) - Furação</i>	B160; D200

Fonte: Autoria própria, 2019

A OP1 ocorre apenas na prensa H400, por esta operação ser de repuxo, há necessidade de executar o processo exclusivamente em uma prensa hidráulica. As demais operações de corte e dobra apresentam restrições devido ao tamanho da ferramenta e curso necessário da prensa para trabalho. Apesar de possuir suas restrições, o processo ainda é flexível em relação aos possíveis fluxos produtivos, mesmo que nem todos sejam vantajosos para a produção, o que é um ponto positivo quando alguma das prensas não está disponível no processo.

Desta maneira é possível realizar doze combinações diferentes de processo, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Combinações de processos

#	OP1	OP2	OP3	OP4
C1	H400	D200	D200	B160
C2	H400	D200	H400	B160
C3	H400	D200	BP160	B160
C4	H400	D200	D200	D200
C5	H400	D200	H400	D200
C6	H400	D200	BP160	D200
C7	H400	E160	D200	B160
C8	H400	E160	H400	B160
C9	H400	E160	BP160	B160
C10	H400	E160	D200	D200
C8	H400	E160	H400	B160
C12	H400	E160	BP160	D200

Fonte: Autoria própria, 2019

A critério de simplificar a análise, foi considerada apenas as combinações levando em conta os diferentes tipos de prensa e não a quantidade disponível por modelo, o que resultaria em 30 combinações, para os casos onde há mais de uma prensa de mesmo modelo e capacidade, foi considerado a utilização da prensa que possui a menor distância entre os outros processos, a fim de otimizar o fluxo.

É possível observar no Quadro 3 que algumas combinações, como a C1, por exemplo, apresenta a OP2 e OP3 no mesmo equipamento, logo, é necessário que o processo inteiro da OP2 acabe para que seja possível dar sequência no processo, desta maneira, há necessidade de armazenamento das peças até a próxima operação. O que seria configurado no modelo de fluxo apresentado na Figura 2.

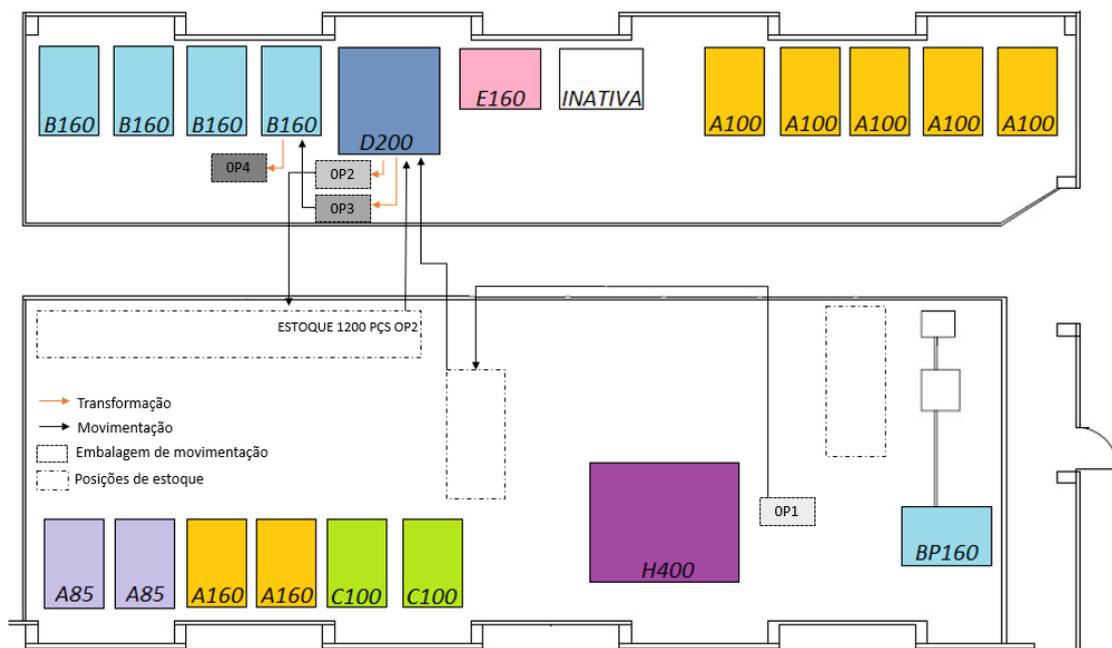


Figura 2 - Fluxo C1
Fonte: Autoria própria, 2019

Conforme a Figura 2, vemos duas posições de estoque, uma entre a OP1 e OP2, ocasionada pela velocidade do processo da prensa H400, consideravelmente menor que os processos executados em prensas excêntricas, logo, existe a necessidade de um estoque de peças para abastecer as próximas operações. Além deste estoque há um tempo de espera e ocupação de um segundo estoque até que a OP2 esteja finalizada e ocorra o início da OP3, o que torna o processo produtivo ineficaz, da mesma maneira ocorre para as configurações C4 e C10. Como o objetivo do trabalho é levantar o melhor processo produtivo possível, as três configurações C1, C4 e C10 foram desconsideradas.

Da mesma maneira, combinações que envolvem a mesma prensa, mesmo que não estejam em sequência, prejudicam o fluxo contínuo do processo, aumentando o tempo do processo, sendo elas, as combinações C2, C5, C6, C8 E C11. Das combinações citadas, foi considerado apenas a combinação C8, devido ao levantamento realizado das configurações já utilizadas no processo, de modo que fosse possível obter um comparativo quando a OP3 é realizada na prensa H400. As exclusões resultam em apenas cinco combinações diferentes, apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Combinações de processos utilizados

#	OP1	OP2	OP3	OP4
C3	H400	D200	BP160	B160
C7	H400	E160	D200	B160
C8	H400	E160	H400	B160
C9	H400	E160	BP160	B160
C12	H400	E160	BP160	D200

Fonte: Autoria própria, 2019

Com as combinações apresentadas no Quadro 4, foram realizados os estudos dos tempos dos processos em cada prensa, além do levantamento dos fluxos que o produto percorre dentro do *layout* da empresa, onde a distância é caracterizada pelas dimensões apresentadas na Figura 1, onde a distância entre pilares representa cinco metros de distância.

As peças são normalmente transportadas em *pallets* da OP1 até a OP2 com um volume de 300 peças/*pallet*, da OP2 até a OP3 em *pallets* com 150 peças e da OP3 até a OP4 em aramados contendo 150 peças cada. Este volume é variável, de acordo com a hora que cada processo começou.

Os tempos dos processos foram baseados nas prensas em que as operações são executadas, visto que o levantamento do tempo de processo resultou em tempos semelhantes independente da operação executada na prensa, somente as operações executadas na prensa H400 possuem tempo de operações diferentes, visto que na OP1, a inspeção e o processo de lubrificar a ferramenta tomam mais tempo do que quando executada a OP3. A capacidade produtiva é dada em peças por hora e os tempos obtidos são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Prensas e capacidade produtiva

Codificação	Peças/hora	Tempo de lote 1200 pçs
<i>B160</i>	<i>400</i>	3 horas
<i>BP160</i>	<i>400</i>	3 horas
<i>D200</i>	<i>380</i>	3,15 horas
<i>E160</i>	<i>350</i>	3,4 horas
<i>H400 OP1</i>	<i>200</i>	6 horas

H400 OP3

280

4,28 horas

Fonte: Autoria própria, 2019

A Tabela 1 apresenta dados de tempos de processos parecidos para as prensas excêntricas, considerando um processo contínuo é possível trabalharmos simultaneamente sem que tenhamos paradas na linha devido à falta de peças. O mesmo não pode ser dito quando a OP3 é executada na prensa H400, que possui um processo consideravelmente mais lento, podendo parar a operação seguinte, deixando o operador ocioso. Além disso, a OP1 é obrigatoriamente realizada na prensa H400, devido a diferença do tempo de produção por lote, é necessário um volume de peças em estoque maior antes do início da execução das próximas operações.

Durante a programação é de extrema importância cuidar com a antecipação da OP1 antes das demais operações, visto que um volume baixo de estoque nesta operação pode resultar em parada de três máquinas, caso estas estejam preparadas para os processos OP2, OP3 e OP4, e também no excesso de movimentação de lotes de peças em menor volume para que seja possível dar sequência as outras operações, tornando o processo totalmente improdutivo e com maior custo.

As peças que são produzidas na OP1 são direcionadas a um estoque, conforme apresentado na Figura 3, referente ao fluxo C3, onde após passar pela OP1 o material é direcionado para uma área de estoque próxima da prensa D200, onde será executada a OP2. Este posicionamento do estoque irá ocorrer para as demais configurações, visto que a OP1 sempre ocorre na prensa H400 e a OP2 pode ser realizada nas prensas D200 e E160.

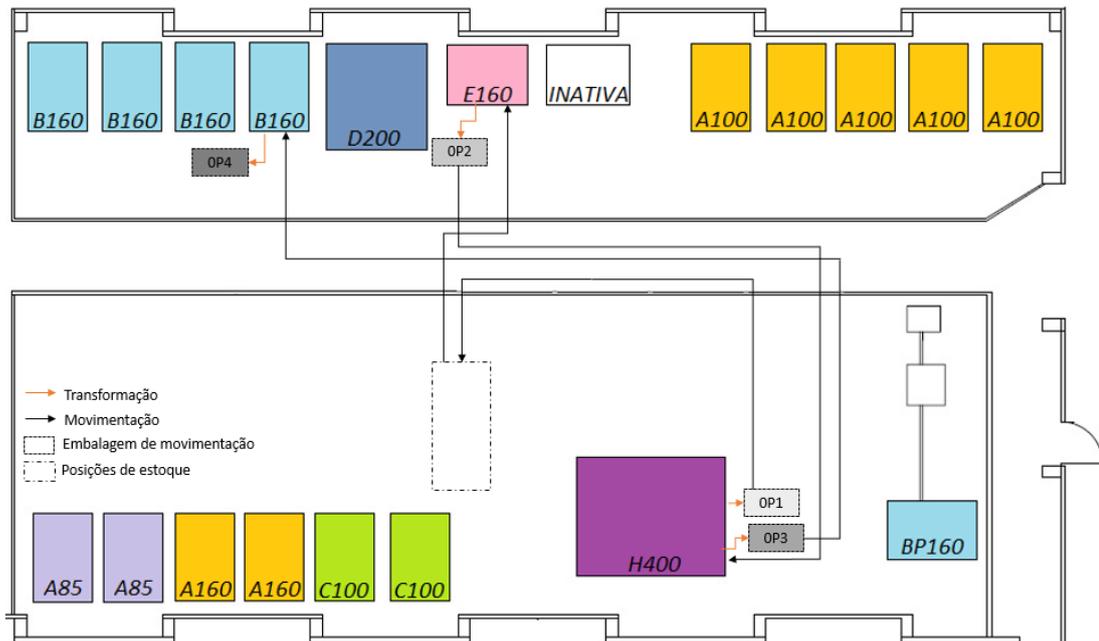


Figura 5 - Fluxo C8
 Fonte: Autoria própria, 2019

Uma vantagem do fluxo C8 é o fato de não utilizar a prensa D200, considerada gargalo produtivo, em contrapartida, a OP3 ocorre na prensa H400, com velocidade de produção menor que as demais no processo, o que pode gerar um acúmulo de peças entre a OP 2 e OP3 e um atraso de peças para a OP4. Este modelo foi considerado por ter sido executado algumas vezes, devido a indisponibilidade das outras máquinas.

A combinação C9 está representada na Figura 6.

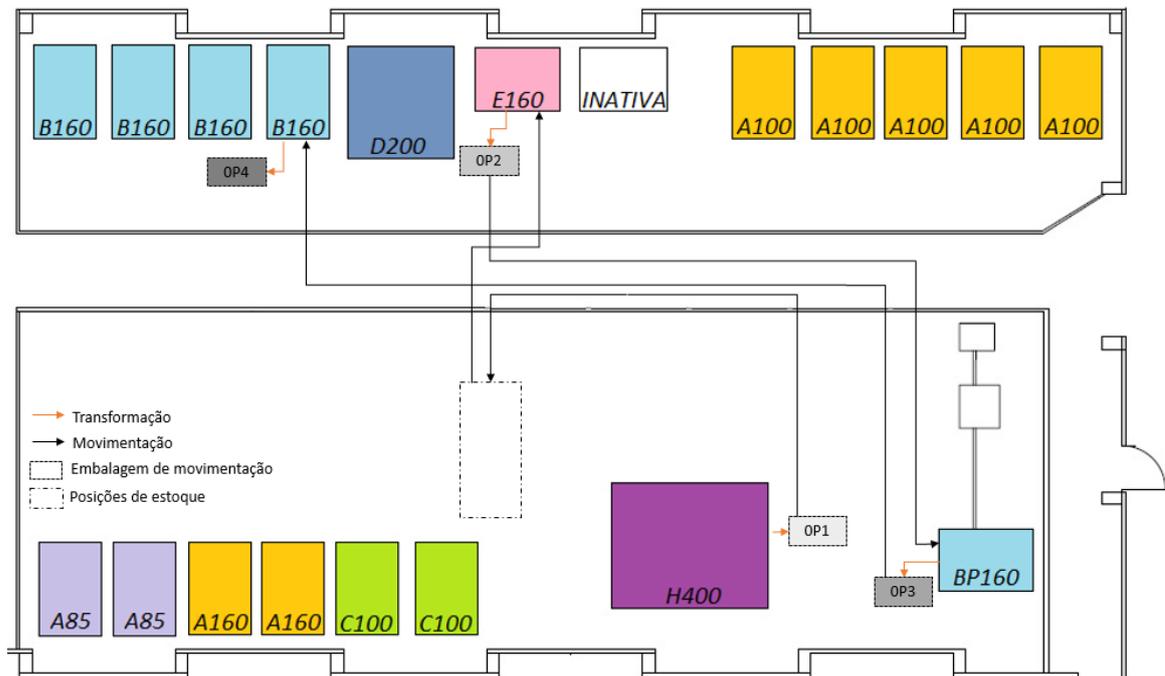


Figura 6 - Fluxo C9
 Fonte: Autoria própria, 2019

Da mesma maneira que o fluxo C8, o fluxo C9 não utiliza a prensa D200, gargalo de produção. O fluxo C9 é mais vantajoso que o C8 pois utiliza a prensa BP160 para a OP3, que possui um processo mais rápido. Por mais que esta prensa seja a única progressiva, o tempo de *setup* e a produção das peças progressivas é consideravelmente mais rápida, caso seja necessária virada de produção.

A combinação C12 está representada na Figura 7.

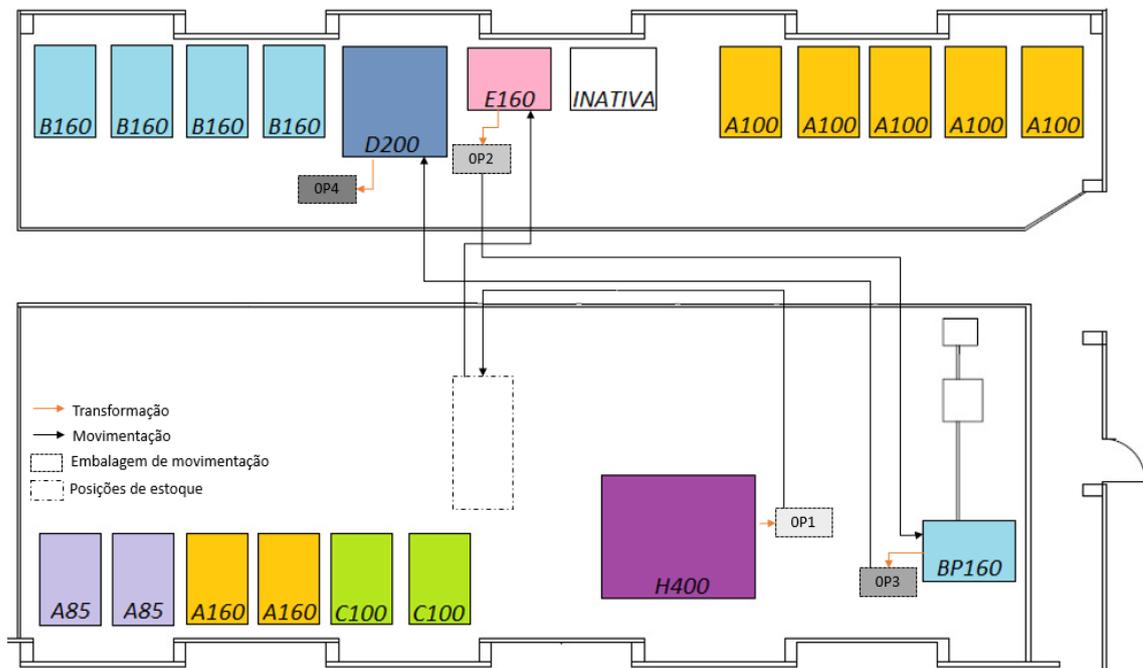


Figura 7 - Fluxo C12
 Fonte: Autoria própria, 2019

O fluxo C12 envolve as quatro prensas gargalo, por este motivo, esta configuração não é muito utilizada no processo, mas ainda assim, é mais vantajosa que a configuração C8 devido a OP3 não ocorrer na prensa H400.

Em relação a distância percorrida pelo material, foi realizado o somatório das distâncias entre os processos, os quais, de acordo com o Quadro 4 indicam dez diferentes caminhos percorridos entre os equipamentos utilizados no processo, os quais são apresentadas na Tabela 2, com suas respectivas distâncias.

Tabela 2 – Distâncias entre máquinas

Fluxo percorrido	Distância [m]
<i>H400 - ESTOQUE</i>	17,96
<i>ESTOQUE – D200</i>	7,77
<i>ESTOQUE – E160</i>	9,81
<i>D200 – BP160</i>	28,14
<i>BP160 – B160</i>	27,03
<i>E160 – D200</i>	3,1

<i>D200 – B160</i>	<i>1,37</i>
<i>E160 – H400</i>	<i>25,74</i>
<i>E160 – BP160</i>	<i>24,07</i>
<i>H400 – B160</i>	<i>28,1</i>

Fonte: Autoria própria, 2019

Por meio da Tabela 2 é possível calcular as distâncias percorridas pelo material em cada um dos fluxos. As distâncias são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Distâncias percorridas pelos fluxos

#	Distância Percorrida
C3	80,9
C7	32,24
C8	81,61
C9	78,87
C12	79,98

Fonte: Autoria própria, 2019

É possível observar na Tabela 3 que o fluxo C7 possui a menor distância a ser percorrida até que o processo final seja concluído. Além da menor movimentação, outra vantagem deste fluxo é a possibilidade de trabalhar com um menor volume de peças entre processos, o que torna o processo mais rápido entre início e fim de produção.

4.1 ANÁLISE DE RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta a distância percorrida pela peça durante o processo de produção, bem como o tempo necessário para produção do lote, em termos de horas máquinas.

Tabela 4 – Distâncias e Tempos de lote dos Fluxos

#	Distância Percorrida [m]	Hora máquina/ Lote [horas]	Considerações
C3	80,9	15,15	<i>Processo mais rápido em relação aos demais em questão de hora máquina para a produção do lote.</i>
C7	32,24	15,55	<i>Processo em que ocorre a menor movimentação em comparação com os demais.</i>
C8	81,61	16,68	<i>O processo utiliza duas vezes a prensa H400, tornando o processo mais demorado.</i>
C9	78,87	15,40	<i>Para os processos C9 e C12 as distâncias e tempos utilizados são muito semelhantes, visto que apenas a OP4 é realizada em uma prensa diferente, mas muito próximas uma da outra. Ainda assim, o processo C9 leva vantagem por não utilizar a prensa D200.</i>
C12	79,98	15,55	

Fonte: Autoria própria, 2019

É possível observar por meio da Tabela 4, que as distâncias percorridas são semelhantes para os fluxos C3, C8, C9 e C12, em torno de 80 metros. O fluxo C7 apresenta a menor movimentação, em torno de 30 metros, visto que o fluxo utiliza prensas posicionadas uma do lado da outra, caracterizando um fluxo contínuo, sendo o fluxo mais adequado em termos de distância.

Em termos de horas máquina necessárias para a produção de um lote, os tempos são muito próximos, com uma variação maior do fluxo C8, onde a OP3 volta para a prensa H400, a qual, por ter um tempo de processo mais lento, pode causar um excesso de peças entre a OP2 e OP3 e uma possível parada da OP4 por falta de peças, sendo este o pior fluxo a ser escolhido.

Um ponto muito importante a ser considerado, é que o tempo apresentado está relacionado em termos de horas máquinas por lote, mas se considerarmos o tempo do processo em si, onde as operações ocorrem de maneira simultânea, o tempo do processo do lote é consideravelmente menor. Além disso, é necessário apontar, que não foram considerados os tempos de movimentação de peças, mas eles são proporcionais à distância percorrida. Com isso, é possível afirmar, considerando o tempo, que o processo C7, possui um tempo de processamento de lote, quando os processos são realizados simultaneamente, menor que os demais.

5 CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos é possível observar a importância da análise do fluxo dos materiais dentro do processo produtivo, visto que esta movimentação influencia diretamente nos custos e tempos de processo.

No caso deste estudo, onde o objetivo era avaliar o fluxo do produto PX dentro da estamperia, constata-se que o processo C7 é o mais vantajoso em questão de fluxo de materiais, o que impacta diretamente no tempo do processo de transformação do produto.

A operação C8, que realiza a OP3 na prensa H400 é a que traz mais riscos ao processo produtivo em questão de paradas por falta de peças para o abastecimento de outras operações, além da possibilidade de acúmulo de peças da OP2, podendo gerar a necessidade de estoque. Os demais fluxos apresentam dados semelhantes entre distâncias e tempos.

Foram observados, durante o processo da OP1, exclusiva da prensa H400, uma queda no volume de produção devido aos cuidados exigidos pela operação em relação a qualidade do produto, tornando o processo mais demorado. Uma melhoria no processo em relação a ferramental e/ou matéria prima, pode trazer muitos benefícios em relação ao tempo de processo, além de minimizar as perdas, diminuindo os custos de produção.

O setor de planejamento de produção deve estar atento as restrições, tempos e fluxo de processo, de modo que a produção seja eficaz e não ocorram paradas devido à falta de abastecimento das peças, que podem prejudicar todo o processo produtivo.

No caso do produto PX as restrições de ferramental ocorreram de acordo com a necessidade do cliente, que pode internalizar o produto. Em casos em que a ferramenta é própria da empresa e segue seus próprios padrões, é necessária uma análise juntamente com o setor de planejamento, para avaliar a disponibilidade das máquinas e equipamentos do processo, juntado o projeto do produto com o projeto de produção, para que a produção não se torne engessada.

Goldsby e García-Dastugue (2003) afirmam que é muito importante determinar os indicadores para que sejam avaliados os impactos da gestão do fluxo da manufatura, para que seja possível determinar o impacto que os fluxos podem gerar no desempenho da produção e ganhos da empresa. É possível, em trabalhos futuros,

desenvolver o mapa de fluxo de valor (MFV) dos processos, fazer o levantamento do custo real do processo, de acordo com mão de obra necessária e custo de operação do equipamento.

REFERENCIAS

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. *Supply Chain Management: Strategy, Planning & Operations*, 5 ed. Prentice Hall: New Jersey, 2013.

CONCEIÇÃO, Samuel V. Otimização do fluxo de materiais através da manufatura celular, **Revista Produção**, v.15, n.2, 2005.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de Produção e Operações*. 2. Ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2013.

DRIRA, A.; PIERREVAL, H.; HAJRI-GABOUJ, S. *Facility layout problems: A survey*. *Annual Re- views in Control*, v. 31, n. 2, p. 255–267, 2007

GOLDSBY, Thomas J.; GARCÍA-DASTUGUE, Sebastián J. *The Manufacturing Flow Management Process*. ***The International Journal of Logistics Management***, v. 14, n.2, 2003.

LAMBERT, D. M.; *The eight essential supply chain management processes*. *IN: Supply Chain Management Review*, v.8, n.6, sep., 2004

MACHLINE; Sá M.; SCHOEPS, Weil; *Manual de Administração da Produção*. Vol 1, 2 ed, São Paulo: Atlas, 1974

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P.; *Administração da Produção*, 2 ed, São Paulo: Saraiva, 2005.

MEDEIROS, Cristina P.; SILVA, Marcus V. L. da; FREIRE, Agnaldo; MONTEIRO, Renato R. *Sistema e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais: Um enfoque no arranjo de layout de estoque aplicado a uma montadora de computadores*, 2011.

MOURA, R. A. *Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais*. São Paulo: Manual de Logística - IMAM. Vol. 1, 3ed, 1983

SILVA, Ana Carla P da S; PANCIERI, Beatriz M; MELO, André C. S de; *A importância da análise de fluxo de materiais na definição de alternativas de arranjo físico – Uma aplicação no setor moveleiro*, 2009.

SILVA, Ricardo M. da; SCARPIN, Cassius T.; *Gestão de Armazenagem e Movimentação de Materiais por Meio de Simulação Discreta: Um Estudo de Caso*, *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, Florianópolis, SC, Brasil, v. 9, n. 18, p. 22-47, 2017

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. *Administração da Produção* 1 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SINGH, A. P.; YILMA, M. *Production floor layout using systematic layout planning in Can ma- nufacturing company*. *In: IEEE International Conference on Control, Decision and Information Technologies*. CoDIT, Hammamet, Tunisia: p. 822 – 828, 2013.

RAWABDEH, I.; TAHBOUB, K. *A new heuristic approach for a computer-aided facility layout. Journal of Manufacturing Technology Management*, v.17, n.7, p. 962- 986, 2005

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. *Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster, 1996.*