

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

**PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO PARA UMA INDÚSTRIA DE  
TRANSFORMAÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS**

**MOTION FOR PHYSICAL ARRANGEMENT FOR MANUFACTURING OF  
THERMOPLASTIC**

Robson Pache, Vilmar Bueno Silva, Eliane Garlet, Dinelle Izabel Da Silva e Leoni Pentiado Godoy

**RESUMO**

A busca pela otimização dos processos e consequente agregação de valor, revela a necessidade de investimentos por parte das empresas. Reduzir perdas e aumentar os ganhos se configura como um dos grandes objetivos das organizações. O método utilizado para a elaboração deste trabalho foi o da pesquisa-ação, sendo que o objetivo principal é desenvolver uma proposta de arranjo físico, aplicando nesta conceitos básicos de manufatura enxuta para uma indústria do setor de transformação de termoplásticos. Os resultados obtidos demonstram a melhor opção de arranjo físico, considerando o tipo de processo da empresa e levando em conta a estratégia de flexibilidade desta. Ainda se apresenta a análise de perdas que tem-se com o arranjo atual, e a partir da proposta do novo *layout* estima-se ganhos no fluxo do processo produtivo como também a redução das sete perdas em cada parte dos processos de manufatura, esses benefícios poderão ser adquiridos com a efetiva implementação da proposta de arranjo físico.

**Palavras-chave:** Processos, Arranjo Físico, Mapeamento de fluxo de valor

**ABSTRACT**

The search for the optimization of processes and consequent added value reveals the need for investment by firms. Reduce losses and increase gains configure itself as one of the major goals of the organizations. The method used for the preparation of this study was action research, where the main objective is to develop a proposal for a physical arrangement, applying these basic concepts of lean manufacturing industry sector for processing thermoplastics. The results show the optimal physical arrangement, considering the type of business process and taking into account the flexibility of this strategy. Still presents the analysis of losses that has been with the current arrangement and from the proposed new layout estimated gains in the flow of the production process but also the reduction of seven losses in each of the manufacturing processes, these benefits may be purchased with the effective implementation of the proposed physical arrangement.

**Keywords:** Processes, Physical Arrangement, *Value Stream Mapping*

## 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda dos mercados e o desenvolvimento acelerado nos sistemas de produção, as empresas começaram a buscar alternativas de redução de custos internos, buscando redução de desperdícios, otimização de recursos, melhora no fluxo e consequente, ganho no desempenho do sistema como um todo.

Aplicar conceitos que irão diminuir a movimentação dos materiais e usar de forma otimizada os recursos, torna-se parte fundamental da gestão das operações dentro das empresas, dessa forma um arranjo físico planejado de forma inadequada e sem a devida análise do processo, pode fazer com que a empresa tenha problemas que afetarão a produtividade, a qualidade dos produtos e seus processos internos.

As perdas decorrentes do processo produtivo têm influência direta nos resultados finais da organização, assim identificar e controlar essas perdas é tarefa imprescindível porque permitirá desenvolver processos que possibilitem otimizar os níveis de entrega, de eficiência, de qualidade, entre outros. Nesse contexto a definição do *layout* torna-se estrategicamente importante, pois permite a diminuição de algumas perdas relacionadas ao fluxo de produção.

A empresa estudada tem um alto custo dentro do seu processo de manufatura e uma das causas é o *layout* atual, devido movimentações de produtos como matérias-primas, semiacabados, produtos prontos que efetivamente não agregam valor e são realizadas em várias partes do processo. Outras questões que precisam ser ressaltadas são o elevado índice de ruído das máquinas que contribui na redução da produtividade e as não conformidades que ocorrem em virtude das movimentações entre os setores.

Atualmente a manufatura da empresa é composta pelos processos de extrusão, usinagem, reciclagem e injeção, pelo arranjo físico atual existem perdas decorrentes de movimentações desnecessárias, por estoques, esperas, produtos defeituosos e inventários desnecessários. Dessa forma, o estudo de uma nova proposta de *layout* se faz necessário, de modo que essas perdas possam ser analisadas e a partir disso seja possível configurar um arranjo que as elimine ou diminua em porcentagem expressiva, vindo ao encontro da construção de uma nova fábrica.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma proposta de arranjo físico aplicando conceitos de manufatura enxuta para uma indústria de transformação de termoplásticos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com o objetivo de identificar as questões relativas ao tema do estudo, o referencial teórico torna-se importante para o delineamento e encaminhamento do trabalho.

### 2.1. Caracterização de arranjo físico

O arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com o posicionamento físico dos recursos de transformação. Colocado de forma simples, definir o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Para Gaither e Frazier (2001), os *layouts* das instalações atuais são projetados com a meta última de produzir produtos e serviços que atendam as necessidades dos clientes. Isso significa que os *layouts* devem ser capazes de produzir produtos rapidamente, a fim de entregá-los rapidamente ao cliente.

A análise de *layout* auxilia também na obtenção do arranjo físico adequado para cada empresa, uma vez que existem diversos tipos de *layout*, cada um deles com suas vantagens e

desvantagens. Se a organização antecipa uma análise, com certeza, na hora de implantar, vai optar pelo modelo que melhor se adéqua à sua empresa (CARVALHO *et al.*, 2010).

De acordo com Borba (1998), o *layout* visa harmonizar e integrar equipamento, mão de obra indireta, enfim todos os processos e os itens que possibilitam sua manufatura. Através disso tem-se uma combinação ótima das instalações industriais e de tudo que concorre para a produção, dentro de um espaço disponível.

## 2.2. Tipos de *layout*

Para Costa (2004), as características dos níveis de volume e variedade de produtos ou serviços vão reduzir a escolha de cada tipo de arranjo físico. A decisão pela escolha é influenciada por um entendimento correto das vantagens e desvantagens de cada um.

Para Gaither e Frazier (2001) são cinco os tipos básicos de *layouts* para instalações de manufatura: processo, produto, manufatura celular e posição fixa e mista.

Borba (1998) comenta que o tipo de arranjo físico é a forma geral do arranjo de recursos produtivos da operação e é em grande parte, determinado pelo tipo de produto, o tipo de processo de produção e o volume de produção.

Slack, Chambers e Johnston (2002) descrevem que, na prática a maioria dos arranjos físicos provém de quatro tipos básicos de *layout* que são: posicional, por processo, celular e arranjo físico por produto.

Um tipo de processo não necessariamente implica na utilização de um tipo básico de arranjo físico em particular, essa relação que existe entre os tipos de processo e os tipos básicos de arranjo físico não necessariamente determina a escolha do *layout* (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Os mesmos autores salientam que a decisão de qual tipo de arranjo físico adotar raramente envolve uma escolha entre os quatro tipos básicos. As características de volume e variedade de uma operação vão reduzir a escolha. É importante analisar essas características de modo que quando o volume é baixo e a variedade é alta o fluxo não é uma questão central sendo assim com volumes maiores e variedades menores a importância aumenta e a decisão do fluxo perpassa pela escolha do melhor arranjo físico.

## 2.3. Princípios da manufatura enxuta

Segundo Figueiredo (2006), o termo *Lean*, que significa enxuto, surgiu na literatura de negócios, para caracterizar o Sistema Toyota de Produção. O Sistema tem a designação *Lean* por diversos motivos: exige menos esforços humanos para projetar e produzir veículos, menos investimentos por unidade de capacidade de produção, menos fornecedores, menos estoques, registro de menos defeitos, número menor de acidentes de trabalho e redução no tempo entre o pedido feito pelo cliente e a entrega do produto.

O real objetivo desse sistema é a eliminação total das perdas e redução de custos. As perdas são caracterizadas como qualquer atividade que não contribuí para as operações, tais como espera acumulação de peças semiprocessadas, recarregamentos, passagens de materiais de mão em mão (SHINGO, 1996).

De acordo com Almeida (2007), o conceito da filosofia *Lean* parte do princípio de que há desperdício em todos os lugares em uma organização e ele surge como um antídoto para se fazer cada vez mais com cada vez menos e sempre com o objetivo de oferecer aos clientes o que eles realmente desejam no tempo que necessitarem.

O mesmo autor também destaca que, *Lean Manufacturing*, surge como uma metodologia fundamental às empresas, pois focaliza a redução de desperdício ao mesmo

tempo em que aumenta a flexibilidade da produção e garante a qualidade dos produtos e serviços.

Shingo (1996), afirma ainda que existem sete tipos de desperdícios, que são: superprodução; espera; transporte; estoque; processamento; movimentação e defeitos.

Este trabalho propõe um formato de arranjo físico, que será desenvolvido no sentido de diminuir estas sete perdas. Os esforços serão direcionados para estimar os ganhos nos processos em que há possibilidade de analisar as melhorias com a redução dos desperdícios internos, no que tange a estrutura de *layout*.

#### **2.4. Ferramentas da manufatura enxuta (VSM, SMED, 5S)**

Para Nazareno, Rentes e Silva (2001), o Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*) é o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção de matéria prima até a entrega ao consumidor do produto final. Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais, possibilita enxergar o fluxo, auxiliando a identificar mais do que os desperdícios. Mapeia o estado atual e ajuda a identificar as fontes do desperdício e fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura, além disso, torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que possa discuti-las, juntar conceitos e técnicas enxutas mostrando a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material, colocando isso em prática no estado futuro.

No Brasil difundiu-se o uso da sigla TRF, iniciais de troca rápida de ferramentas, como tradução do *Single minute exchange of die* (SMED). Segundo Shingo (2002) o termo *setup* não se aplica apenas a preparação de uma operação de processamento: referem-se também as operações de inspeção de transporte e de espera. Conseqüentemente, o método, ou seja, as etapas conceituais, os métodos correspondentes e as técnicas específicas para as melhorias de *setups* podem ser aplicados exatamente da mesma maneira em todas as operações.

O mesmo autor ainda formulou a hipótese de que qualquer *setup* poderia ser executado em menos de 10 minutos e chamou esse conceito de troca rápida de ferramenta, ou TRF que é uma metodologia que auxilia na mudança rápida de uma linha de produção possibilitando, conseqüentemente, respostas rápidas diante das necessidades do mercado. Apresenta grande vantagem quando aplicada na produção de lotes pequenos de fabricação, pois permite reduzir os estoques intermediários e custos de inventários.

Segundo Nascimento (2002) os 5Ss são pré-requisitos para a implantação da Gestão da qualidade total e enfoca o ambiente de trabalho da organização, de forma que este ambiente seja simplificado e o desperdício reduzido, acarretando a melhoria dos aspectos relacionados à qualidade e segurança.

É válido salientar que é necessário efetivamente implementar cada senso, começando pela separação e de forma gradativa partir para o próximo, de forma que cada um esteja incorporado a cultura da empresa.

#### **2.5. Caracterização das indústrias de transformação de termoplásticos**

O processo de transformação de termoplásticos acontece de forma bem simples, a empresa compra a resina dos produtores e/ ou distribuidores e também compra os *masterbatches* que são concentrados plásticos elaborados a partir de diversos polímeros, utilizados para colorir (pigmentos) e aditivar todos os tipos de resinas termoplásticas. Nesse caso, este transformador, com o devido auxílio do produtor do *masterbatch*, adéqua a resina às suas necessidades (PDAPL, 2007).

Na Figura 1 é possível ver todo o processo da indústria de transformação de termoplástico (PDAPL, 2007).

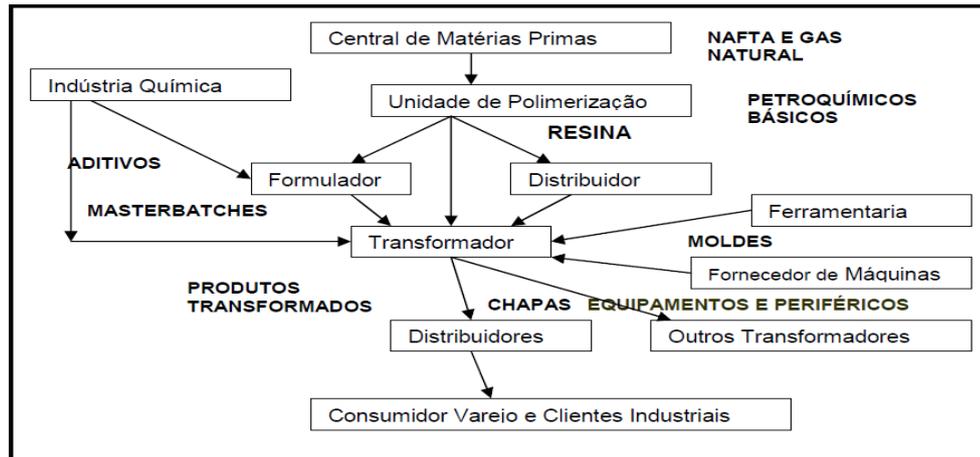


Figura 1: Cadeia produtiva do plástico.  
Fonte: Adaptada de PDAPL, 2007.

Referente ao setor de plásticos, a Figura 1 mostra de forma mais simplificada as gerações ou fases em que a cadeia produtiva de plásticos percorre.

## METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em uma empresa de termoplásticos de pequeno porte, localizada no sul do país, que trabalha essencialmente com plásticos de engenharia com forte atuação no mercado, com produtos produzidos pela resina *Ultra High Molecular Weight* (UHMW). Atualmente o sistema de manufatura da empresa trabalha com máquinas extrusoras de projeto próprio, esquadrejadeiras de última geração, assim como injetoras, prensas excêntricas, hidráulicas e pneumáticas, máquinas de controle numérico computadorizado (CNC), entre outras.

Para a realização do trabalho proposto foi utilizado o método da pesquisa-ação, que vai ao encontro de soluções práticas para os problemas reais sucedidos com a análise do projeto de pesquisa.

Cauchick (2012) define como uma pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de caráter cooperativo ou participativo.

O trabalho foi realizado com análises feitas na prática, efetivamente dentro do ambiente fabril. Consideraram-se os processos existentes, as máquinas, os equipamentos, enfim, toda a estrutura. A literatura existente foi efetivamente utilizada de forma a obter subsídios para o estudo tanto na teoria como na prática. Nesse contexto, na proposta de *layout* buscou-se incorporar conceitos de manufatura enxuta, estimando nos processos onde foi possível, os ganhos e melhorias na comparação com o *layout* atual.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Atualmente a empresa tem seus processos divididos por duas estruturas prediais, no prédio de maior tamanho há o processo de reciclagem que é separado do processo de extrusão e da injeção por uma parede, para a movimentação entre esses existe uma abertura interna e também a externa.

O processo de usinagem se encontra num outro prédio localizado do outro lado da rua, dessa forma a locomoção pela rua é inevitável, o que também propicia a geração de outros

problemas, visto que a rua é de calçamento e há a necessidade de movimentar o material entre os prédios, o que muitas vezes acarreta em quedas do material em processo.

O processo de reciclagem tem espaço bastante limitado, porque é nesse em que são depositados os *Big Bags* de matéria prima, como também máquinas grandes como o micronizador e uma injetora que até então está parada, ainda nesse prédio há o triturador que junto com o micronizador produzem muito ruído e também o estoque de matéria prima da injeção e o estoque de produto acabado desse processo.

Já no outro prédio, em que se encontra o processo de extrusão e a injeção, os operadores realizam várias movimentações que são para abastecer as máquinas extrusoras, o que acarreta em quedas de matéria prima visto que a movimentação é feita em sacos plásticos abertos. No processo de injeção, há também movimentação na preparação da matéria prima que fica no outro prédio. Para os *setups*, na extrusão as ferramentas não estão em local adequado, estão jogadas em cima das máquinas, sem local específico, o que acarreta em mais tempo nas trocas. Há geração de estoque intermediário na extrusão, que fica na maioria das vezes, muito tempo em espera, esse arranjo pode ser analisado pela Figura 2.

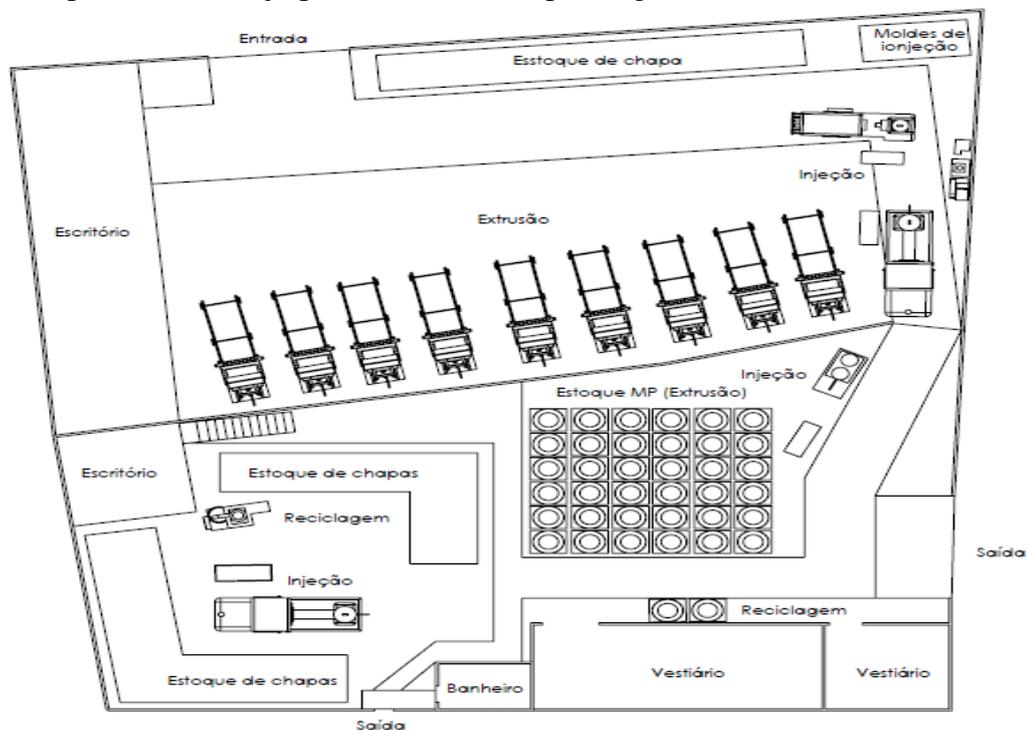


Figura 2: *Layout* dos setores de extrusão e manufatura.  
Fonte: Elaborado pelos autores a partir da empresa pesquisada.

O ruído gerado pelo micronizador e pelo triturador causa enorme desconforto, com o número de extrusoras de hoje, número este que tende a crescer, o espaço já é pequeno, reforçando a necessidade de uma nova instalação, de um novo arranjo. Já para o processo de injeção, não há hoje um local definido para alocação das máquinas, moldes e equipamentos auxiliares, dessa forma a necessidade da elaboração de um novo arranjo físico se torna muito importante, na medida em que vai possibilitar a alocação de todas as máquinas, equipamento e ferramentas, fazendo com que em haja um fluxo definido e constante.

Nesse sentido este novo arranjo físico propiciará menor impacto a saúde dos colaboradores. As movimentações com carregamento, muitas vezes de volumes com um peso um pouco maior. Esse projeto de *layout* dará condições melhores de trabalho, com diminuição da insalubridade e conseqüentemente maior produtividade.

Na Figura 3, pode ser visto o *layout* atual do prédio onde está o setor de usinagem, este prédio é separado do prédio mostrado na Figura 2 por uma rua, nesse trabalho, o autor traz toda a estrutura da fábrica da forma em que ela se encontra atualmente.

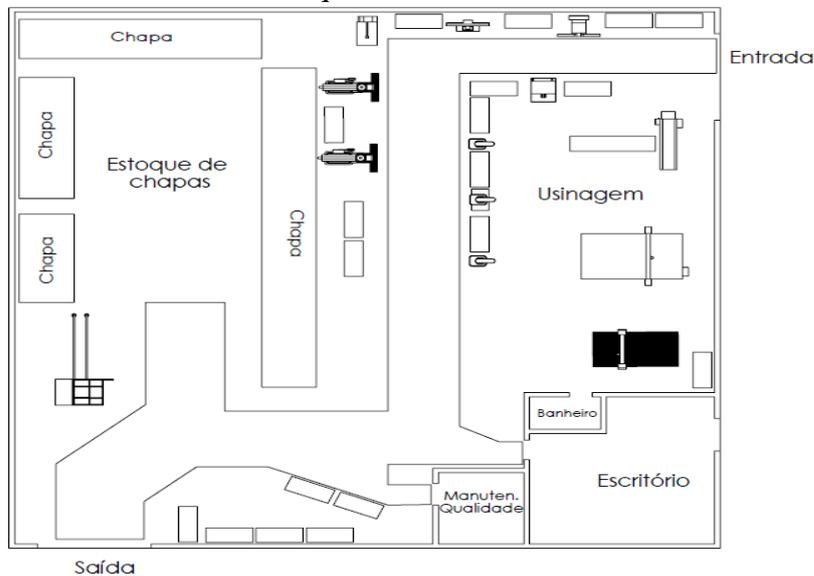


Figura 3: *Layout* atual do setor de usinagem.  
Fonte: Elaborado pelos autores a partir da empresa pesquisada.

Neste prédio onde se localiza a usinagem, não há um planejamento do ambiente, uma organização baseada em princípios, o que remete ao 5Ss, há criação de pequenos estoques que ficam pelo chão, para serem destinados de forma não prevista ou planejada. Nesse sentido, outro fator que prejudica são as peças que vêm do outro prédio, ou seja da usinagem, onde os operadores colocam-nas em locais não identificados, o que desordena todo o fluxo. Nesse prédio há também o estoque de chapas prontas para venda, que estão em prateleiras altas e em locais de difícil manejo, até pelo peso das mesmas, visto que algumas somente se consegue retirar da prateleira com empilhadeira. Nesse processo precisa haver organização num sentido metodológico, ou seja, com ações previamente definidas que podem ser realizadas através dos 5Ss, como também precisa haver locais adequados de armazenamento dos materiais em processo, o que remete ao estudo do melhor fluxo de trabalho.

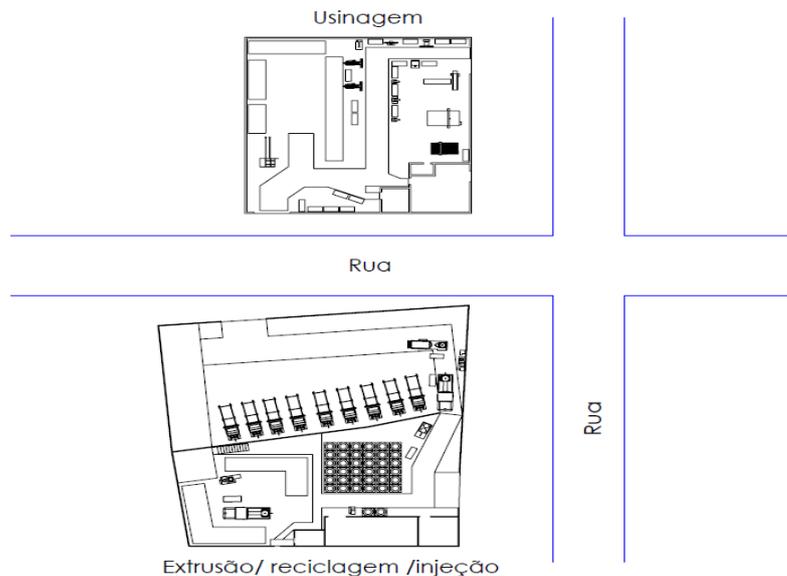


Figura 4: Estrutura da fábrica.  
Fonte: Elaborado pelos autores a partir da empresa pesquisada.

Na Figura 4, apresenta-se a estrutura da fábrica, colocando os dois prédios, pode ser visto que há uma rua que separa esses, de modo que as movimentações entre ambos sejam inevitáveis.

#### 4.1. VSM a partir do arranjo físico atual

A partir da análise do arranjo físico atual, se fez necessário realizar um mapa de fluxo de valor, a fim de observar e estudar os pontos do fluxo onde estão acontecendo as perdas e desperdícios e posteriormente, dentro da proposta de *layout* futura, fazer as devidas sugestões com o objetivo de otimizar esse fluxo e reduzir essas perdas.

No mapa de fluxo de valor atual, que pode ser visto na Figura 5, escolheu-se o fluxo de produção dos itens com maior giro na empresa e que tem grande representatividade no faturamento dessa.

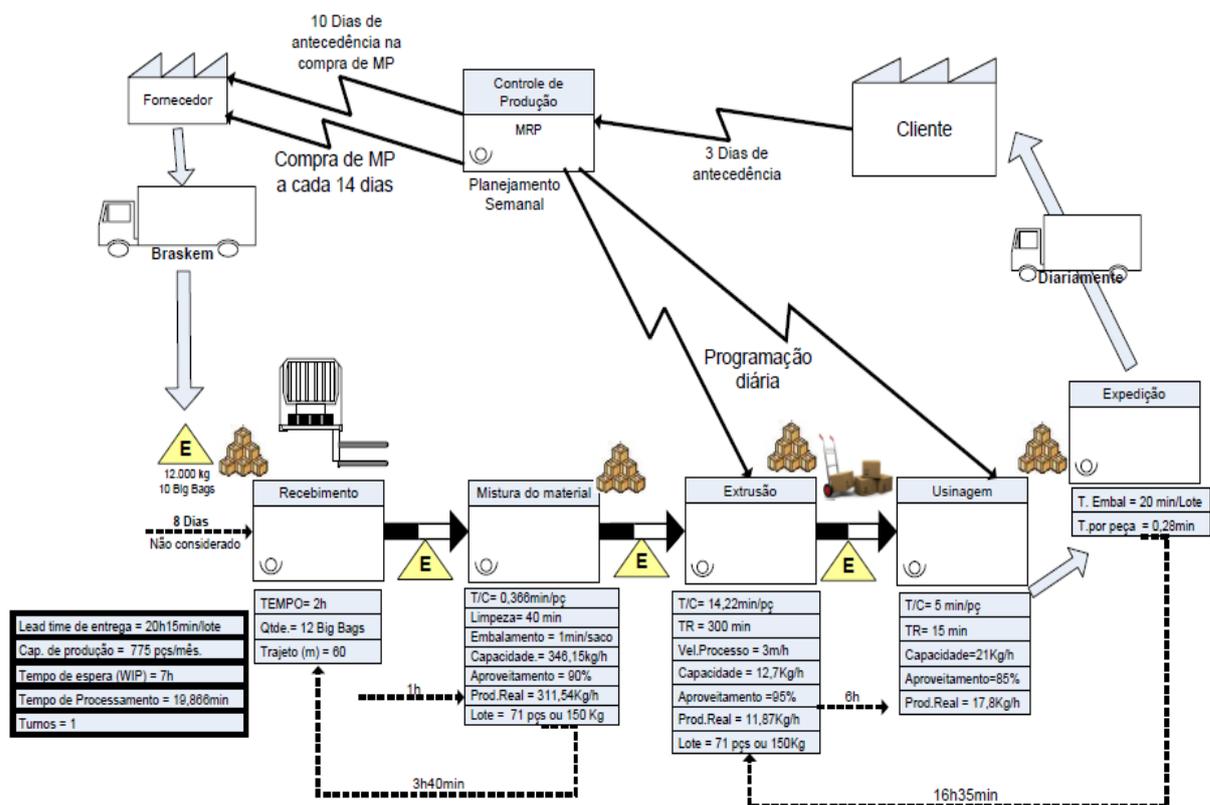


Figura 1: Mapa de fluxo de valor a partir do *layout* atual.  
Fonte: Elaborado pelos autores a partir da empresa pesquisada.

Para a elaboração desse mapa de fluxo de valor, foi considerado toda a estrutura dos processos de manufatura da empresa, optou-se pelo processo contínuo de um dos produtos com mais representatividade em termos de faturamento e que passa por todos os processos de extrusão e usinagem. Para a elaboração desta análise não foram considerados os processos de injeção, por ser um processo separado da estrutura principal de manufatura, da mesma forma não foi considerado o processo de reciclagem por se tratar de um processo posterior, visto que aqui se procurou evidenciar o caminho do produto, da chegada da matéria prima até a saída para o consumidor final, ou seja, a transformação do produto propriamente dita.

Os valores mostrados no VSM retratado na Figura 5 foram obtidos através de medições realizadas efetivamente nos processos, observando o tempo decorrido em cada uma dessas. Posteriormente as medições realizou-se os cálculos que podem ser observados no Quadro 1.

| PROCESSO   | CÁLCULO  | RESULTADO                               |
|--|--|---|
| <b>Tempo de ciclo no processo de mistura do Material</b> | Capacidade na mistura é de 150 Kg.<br>Tempo de mistura= 20min + 6min para embalar (6 sacos *25 Kg= 150 Kg)<br>20+6=26min.<br>Uma chapa=12,7Kg=6 peças<br>150 kg/12,7Kg= 11,81 chapas * 6 peças = 71 peças por chapa. | 26min/71pçs=<br><b>0,366min/peça</b>    |
| <b>Tempo de ciclo na Extrusão</b>                        | 60 min para uma chapa de 3m= 6 peças=10min/pç.<br>300 min de troca divididos pelo lote de 71 peças= 4,22min.   | 10min + 4,22min=<br><b>14,22min</b>     |
| <b>Tempo de ciclo na Usinagem</b>                        | 15min de troca dividido por 6 peças = 2,5min por chapa.<br>Corte da chapa=15min como em uma chapa são 6 peças= 2,5min.   | 2,5min+2,5min= <b>5min</b>              |
| <b>Capacidade na Mistura</b>                             | 150 Kg por mistura.<br>Uma mistura=20min+1min por saco, sendo 6 sacos, então=26min.<br>60min/26min=2,3mistura p/hora*150 kg<br>=346,15Kg.  | <b>346,15Kg</b>                         |
| <b>Capacidade na Extrusão</b>                            | Uma chapa de 3m tem 12,7Kg, a extrusora produz 3m/hora.  | <b>12,7Kg</b>                           |
| <b>Capacidade na Usinagem</b>                            | Duas chapas por hora, peso de cada uma é de 12,7Kg= 25 kg.   | 25 kg – 4 Kg de perdas=<br><b>21 Kg</b> |

Quadro 1: Cálculos do mapeamento de fluxo de valor.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da empresa pesquisada.

Os valores mostrados nos resultados foram obtidos de forma que no *Lead time* de entrega foram somados os valores 3h40min entre os processos de recebimento e mistura, esse valor é a soma do tempo de recebimento de 2 horas, mais o tempo de espera de 1 hora, e mais os 40 minutos de limpeza da mistura. Já o valor de 16h35min é a soma de 5 horas de troca de ferramenta, mais 6 horas de espera, mais 5 horas cronometradas na usinagem, e ainda com os 20 minutos da expedição, somando com 15 minutos de troca de ferramenta na usinagem. Dessa forma, os valores de (3h40min + 16h35min = 20h15min/lote) gerando o valor de *lead time* de entrega do lote.

O valor da capacidade produção foi determinado considerando que há 220 horas produtivas no mês, onde aplicando a regra de três simples, que considera as 71 peças do lote, chegou-se ao valor de 775 peças/mês.

Em relação ao tempo de espera, o valor de 7 horas é a soma de 1 hora de espera entre o recebimento e a mistura com as 6 horas de espera entre o processo de extrusão e de usinagem. E por fim, o tempo de processamento é formado pela soma dos tempos de ciclo encontrados nos processo de mistura, extrusão e usinagem totalizando o valor de 19,6 minutos por peça.

#### 4.2. Identificação dos desperdícios

A partir da análise do VSM disposto na Figura 5, identifica-se alguns desperdícios, que para fins deste trabalho serão relacionados às 7 perdas já conceituadas anteriormente. Dessa forma no Quadro 2, pode-se avaliar essas perdas.

| <b>Fatores de perda percebidos na empresa</b> |  |
|---|--|
| <b>Movimentação</b>                           | Os operadores realizam diversas movimentações desnecessárias por entre os prédios, o que gera maior esforço e retrabalhos.   |
|   | Há muitas movimentações desnecessárias que são provenientes de deslocamentos de matéria prima, transferência de peças em processo.   |
|   | Existem métodos inadequados de trabalho que fazem com que sejam necessárias movimentações, essas fazem aumentar as atividades sem valor agregado.  |
| <b>Espera</b>                                 | Há esperas por faltas de materiais em processo, o que é causado pela má disposição dos estoques pulmões entre os processos, principalmente entre a extrusão e a usinagem.  |
|   | Há também perdas nesse sentido relacionadas à falta de matéria prima o que causa maior tempo de prazo de entrega em relação ao previsto, o que é percebido pelos tempos até a chegada de matéria prima.  |
| <b>Transporte</b>                             | Há muito deslocamento de produtos entre prédios e dentro dos prédios, o que pode ser percebido em todos os processos, o que não agrega valor ao produto.   |
|   | Outra perda relacionada ao transporte são os meios de fazê-lo que são inadequados, como é preciso fazer transferência de produtos semiacabados e acabados com empilhadeiras ou carrinhos que são inadequadas para tal aplicação, visto que não possuem proteções nas extremidades, ou mesmo forma de "pegar" adequada, o que danifica o produto. |
| <b>Estoque</b>                                | Há formação de muitos estoques intermediários, onde muitas vezes há perda de produtos, no sentido de geração de não conformidades, peças danificadas.  |
|   | Os estoques gerados entre o processo de extrusão e usinagem são altos e ficam parados num tempo relativamente alto, o que faz com que o valor real fique parado por muito tempo.   |
|   | Os estoques gerados na usinagem e aquele estoque de chapas acabadas que estão alocados nesse prédio se perdem e se degradam, demandando retrabalhos e investimentos.   |
|   | Estoques gerados entre a usinagem e a expedição muitas vezes se deteriora ou se danifica e permanece no local, ficando muitas vezes obsoleto.  |
| <b>Defeitos</b>                               | Há muito desperdício pela produção de chapas defeituosas ou não conforme que são causadas por matéria prima contaminada no transporte ou na mistura.   |
|   | Há geração de uma grande quantidade de refugos que consumiram matéria prima e mão de obra, o que muitas vezes acontece por erros no processo em si.  |
| <b>Processamento</b>                          | Existem operações entre os processos que não agregam nenhum valor, na extrusão o fato de ter que suprir a cada pouco os funis das extrusoras, os ajustes do estoque com a empilhadeira a todo o momento.   |
|   | Na reciclagem o corte de partes de chapas para colocação no triturador é uma atividade atordoante e que não agrega em nada, a limpeza do micronizador e do triturador quando há necessidade de troca de cor, que é realizado a toda hora.  |
|   | Na usinagem quando há necessidade de trocar a chapa na máquina Router, a todo o momento o operador necessita retirar os calços que prendem a chapa, atividade que também demanda tempo e não agrega em nada.   |
| <b>Superprodução</b>                          | A geração de matéria prima reciclada é produzida de uma maneira maior do que a necessária, ficando muito tempo parada. Isso significa perda e dinheiro parado, o que acontece muitas vezes pela não visualização dessa superprodução.  |
|   | Na usinagem, o estoque que é gerado de chapas que em alguns casos foi produzido a mais do que o pedido, o que é realizado para evitar a repetição da mesma no curto prazo, mas muitas vezes esse estoque a mais fica parado por muito tempo.   |

Quadro 2: Fatores de perda em relação as 7 perdas de Ohno.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da empresa pesquisada.

No Quadro 2, pode ser visto, as perdas que foram identificadas a partir da análise dos processos, essas perdas foram relacionadas dentro das 7 perdas de Ohno. Através dessa

análise a formatação e estudo do novo *layout*, pode ser analisada e configurada no sentido de diminuir essas incidências que devem ser tratadas como problemas, dessa forma as ações dentro da proposta são conduzidas para a redução dessas perdas e consequente diminuição dos desperdícios levantados.

#### **4.3 Proposta do novo arranjo físico e do fluxo dos processos**

Posteriormente às análises dos desperdícios percebidos no *layout*, análises essas que foram realizadas com todo o quadro de operadores que efetivamente estavam inseridos no processo, percebeu-se que havia a necessidade da elaboração de um novo arranjo físico para a nova empresa.

A empresa pesquisada, levando em consideração as características dos processos, os recursos existentes, verificou-se que o tipo de processo em que a empresa mais se adequa é o de lotes de produção, visto a necessidade de flexibilidade de processo e o alto custo envolvido. No que tange a variedade, percebe-se que não há alta diferença em relação a tal característica, da mesma forma que não há uma baixa variedade.

Em relação ao volume, pode-se dizer que também tem-se uma igualdade em termos de variação, por ter uma demanda bastante oscilante, os volumes em determinadas épocas do ano se alteram bastante.

Com isso a proposta de arranjo físico será norteadada pela definição do tipo do processo descrito, ou seja, considerando o processo de lotes, os recursos da manufatura e os espaços necessários. Obstante a isso, o ponto mais importante a considerar na proposta que será apresentada é a estratégia preponderante da empresa, que é a flexibilidade. Nesse sentido, a ocupação dos espaços, a adequação aos processos e a questão dos conceitos de manufatura enxuta, serão introduzidos na proposta levando em conta esses aspectos.

#### **4.4. Proposta documentada do arranjo físico**

Depois de realizada toda a análise do processo e a definição das tarefas essenciais para um bom desenvolvimento de um arranjo físico, foi elaborada uma proposta para a empresa estudada. Nessa considerou-se os desperdícios percebidos juntamente com todo o grupo de colaboradores e que estão relacionados no Quadro 2, como também foi concebida levando em consideração princípios básicos da manufatura enxuta.

A Figura 6 mostra de que forma ficarão dispostos todos os processos, máquinas e equipamentos da fábrica, de forma que é possível verificar de que forma ficaria o fluxo dos processos. Nesse trabalho, não foi necessário um estudo no sentido de relacionar os processos e atividades, pois se identificou que tal processo é visivelmente claro, e como não há tanta diversidade de máquinas, a montagem e estruturação do fluxo é de certa forma simples.

A área disponível para a alocação de todas as máquinas e equipamentos, totaliza 5000m<sup>2</sup>, sendo distribuída em 50x100m. Nessa proposta contempla-se toda a estrutura de todos os processos da manufatura.

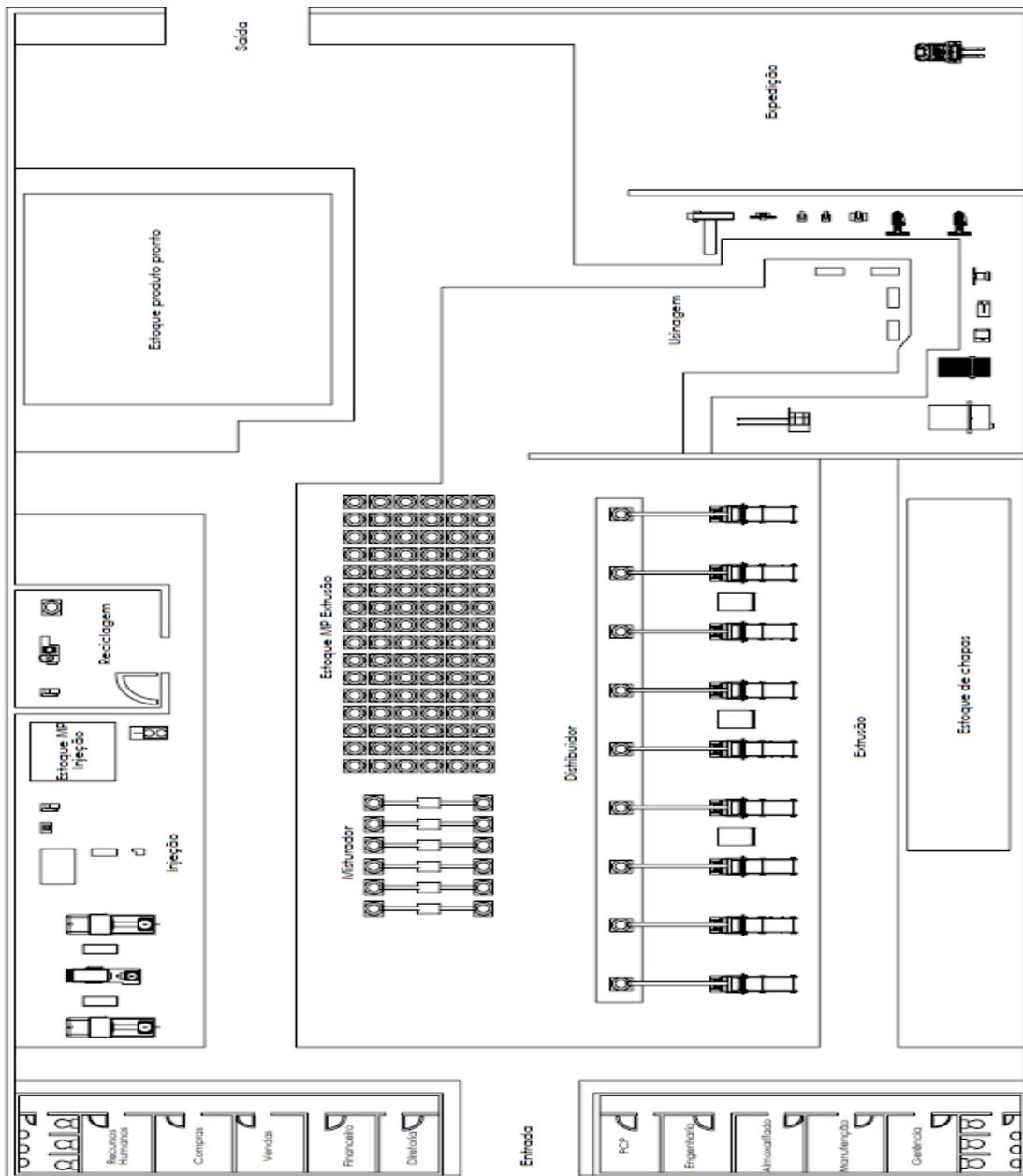


Figura 6: Proposta documentada de arranjo físico.  
Fonte: Elaborado pelos autores a partir da empresa pesquisada.

Nessa proposta existe a possibilidade de ampliação da estrutura sem comprometimento dos processos produtivos, bem como a aplicação de conceitos mais complexos de *Lean Manufacturing*. Importante salientar que o *layout* proposto foi desenvolvido levando em consideração as análises realizadas pelo mapeamento de fluxo de valor.

A questão estratégica é de fato norteadora da forma com que o layout será estruturado, sendo assim considerando que a estratégia da empresa é a flexibilidade, esse novo arranjo busca ser flexível no que tange a trocas de ferramentas, o abastecimento de matérias primas, aos estoques intermediários que precisam fluir e também à movimentação de máquinas.

#### 4.5. VSM a partir da proposta de *layout*

A partir da elaboração da proposta realizou-se o mapeamento do fluxo de valor agora considerando as alterações propostas (Figura 7).

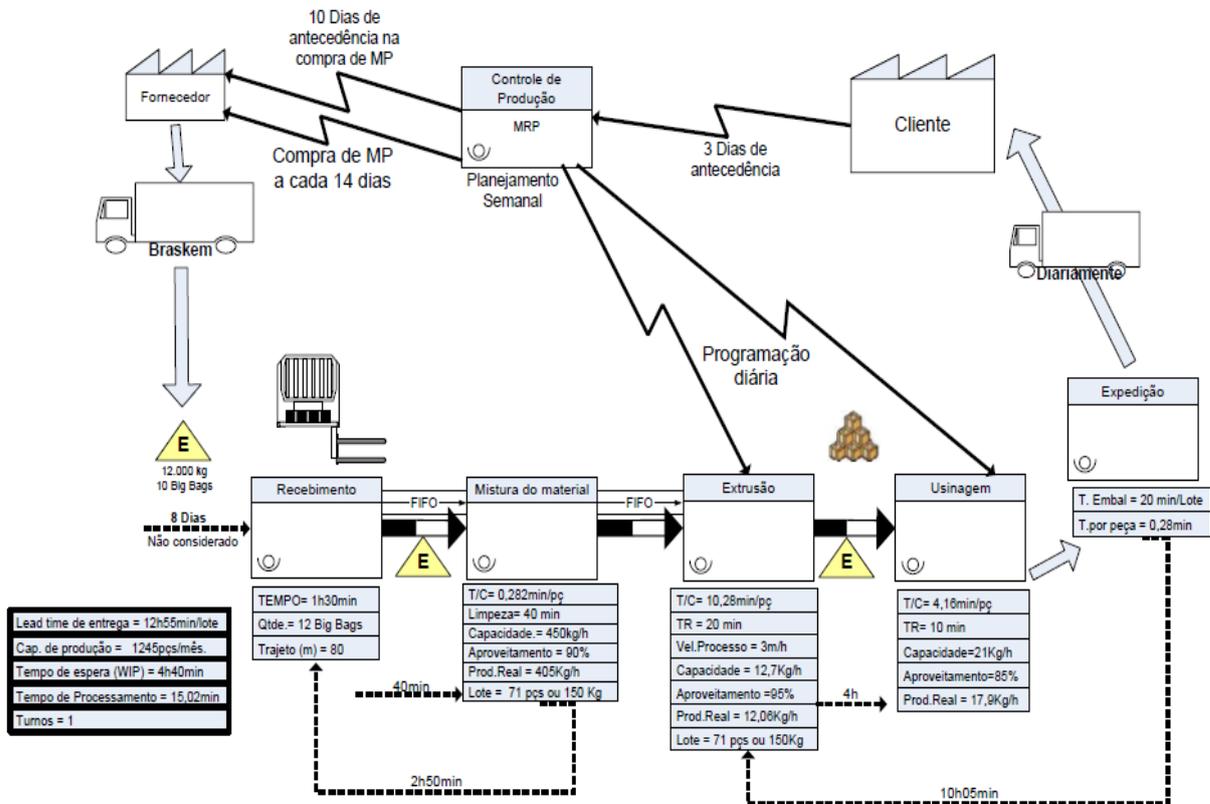


Figura 72: Mapa de fluxo de valor a partir da proposta documentada.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir da empresa pesquisada.

Analisando o mapeamento do fluxo de valor da proposta de arranjo físico ilustrado pela Figura 7, tem-se que as grandes diferenças quantitativas em relação a ganhos nos processos, estão na diminuição do *lead time* de entrega que pode ter uma redução de 37,71% em relação ao valor encontrado no *layout* atual. Na capacidade de produção, através dos cálculos, obteve um aumento de 62,25%, ou seja, demonstra que pode haver um ganho expressivo em termos de produtividade.

O tempo de espera considerando a estrutura do prédio poderá vir a ter uma redução de 62,86% em relação ao que se tem agora e o tempo de processamento pode vir a ter uma redução de 24,4%. Esses valores evidentemente são estimados, e foram calculados através de simulação, considerando um fluxo contínuo dos processos que é o que o arranjo proposto possibilita. É válido salientar que mesmo sendo valores estimados, eles são próximos aos da realidade, possíveis de serem atingidos, visto que todos os dados e análises aqui apresentados são reais e refletem todas as questões que fazem parte do contexto real dos processos da manufatura da empresa.

Ao analisar o mapeamento do fluxo de valor ilustrado na Figura 7, pode ser visto que os valores mostrados nos campos informativos, demonstram que em cada um dos processos há valores otimizados, ou seja, em cada um deles pode haver melhorias no que tange a redução de tempos e aumento de produtividade.

Essas melhorias analisadas foram obtidas com a aplicação em partes chave dos processos, como por exemplo, na questão do recebimento, onde há clara identificação dos

espaços, sendo que nesses, somente há equipamentos que são estritamente necessários. Essas mudanças remetem a implementação dos 5Ss.

Já na mistura do material, o projeto de distribuição disposto no ANEXO A, agora, possibilitará que o processo seja automatizado, fazendo com que não seja necessário o abastecimento da matéria prima pelos operadores, diminuindo o tempo de ciclo e aumentando expressivamente a capacidade de mistura.

Na extrusão com aplicação dos conceitos de troca rápida de ferramenta, onde serão introduzidos entre máquinas, carrinhos completos para o *setup*, e também com a questão da troca hidráulica de ferramenta, poderá haver uma redução estimada de 93,33%, ou seja, um ganho enorme em termos de tempo, e também na usinagem com a adoção de dispositivos simples de troca de ferramenta, poderá ser diminuído o tempo em 33%, no ANEXO B ilustra-se o projeto de troca rápida que está sendo desenvolvido.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do *layout* industrial nas empresas é cada vez mais uma necessidade que o mercado, de certa forma, impõe as mesmas. Isso se deve a necessidade de flexibilidade, maior qualidade, menores estoques entre os processos aliado a vários outros fatores como a competitividade e o meio ambiente. A definição correta de como será o processo, o fluxo fluindo de forma direta e visual aumenta muito os ganhos na manufatura.

O presente trabalho apresentou etapas que devem ser seguidas para a elaboração de uma proposta de *layout*, que traz em sua concepção os conceitos de manufatura enxuta. Onde há necessidade de avaliar o tipo de processo, as máquinas, o fluxo, o mercado, enfim fatores externos também. É válido salientar que a elaboração pode evidentemente ser feita de outras formas, sendo imprescindível avaliar a estratégia da empresa.

O objetivo principal, atendido neste trabalho, foi o desenvolvimento de uma proposta de arranjo físico que considera os conceitos básicos da manufatura enxuta para uma indústria de transformação de termoplásticos. No desenvolvimento desse novo arranjo foi analisado o *layout* atual, onde se diagnosticou a situação atual, identificaram-se os desperdícios, o tipo de processo da empresa, o fluxo, e dentro disso, foi realizado um mapeamento do fluxo de valor desse arranjo atual.

Posteriormente a isso, elaborou-se uma proposta, adequando nos processos onde foi possível, algumas ferramentas e metodologias da manufatura enxuta, após isso, mapeou-se o fluxo de valor em cima da proposta e analisou-se as vantagens a partir da manufatura enxuta. As estimativas de ganhos foram realizadas nos processos onde foi possível analisar os ganhos com a utilização das ferramentas.

Em todos os processos da manufatura da empresa foram mapeadas as perdas existentes, nesse mapeamento foi considerado a relação com as sete perdas de Ohno, posteriormente os estudos tiveram o objetivo de reduzir ou até mesmo eliminar essas perdas através das ferramentas de manufatura enxuta. Essas ferramentas foram adequadas na proposta do novo *layout*.

Esse estudo realizado numa temática que tem muita relação com as áreas da engenharia de produção sendo que esta aplicação pode também auxiliar e até mesmo nortear trabalhos similares para empresas que julgarem necessárias as mudanças para um novo arranjo físico, contemplando ferramentas da manufatura enxuta, como os cinco sentidos, o mapeamento de fluxo de valor e a troca rápida de ferramenta. Essa análise se justifica, pois vai ao encontro da melhoria e otimização dos processos e resultados dentro das empresas, pelo fato de diminuir ou até mesmo eliminar perdas, reduzindo estoques, movimentações, defeitos, transporte, espera, processamento e superprodução.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. A.; **Implantação da manufatura enxuta em uma célula de produção.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do estado de Santa Catarina – UDESC. Joinville – SC. 2007. Disponível em: <[http://www.producao.joinville.udesc.br/tgeps/2007-01/2007\\_1\\_tcc06.pdf](http://www.producao.joinville.udesc.br/tgeps/2007-01/2007_1_tcc06.pdf)>. Acesso em: 12 abr. 2012.

BORBA, M.; – **Arranjo Físico** [Universidade Federal de Santa Catarina Departamento de engenharia de Produção e Sistemas], - 1998. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/8862194/Apostila-Arranjo-Físico>>. Acesso em: 17 mar. 2012.

CARVALHO *et al.*; **Implantação de um arranjo físico (layout) e sua relevância para a dinamicidade organizacional no processo de produção: Revisão Bibliográfica.** [artigo científico] – 2010. Disponível em: <<http://www.uespi.br/novosite/wpcontent/uploads/2011/05/Implantação-de-um-arranjo-físico-e-sua-relevância-para-a-dinamicidade-organizacional-no-processo-de-produção1.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2012.

CAUCHICK, M. P. A. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** 2 ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2012.

COSTA, J. A.; - **Otimização do layout de produção de um processo de pintura de ônibus.** [Trabalho de conclusão de curso de Mestrado em Engenharia]. – 2004. Disponível em: <[http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/adriano\\_jose\\_costa.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/adriano_jose_costa.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2012.

FIGUEIREDO, K.; **A Logística Enxuta.** Out/2006. Disponível em: <[http://www.forumlogistica.net/site/new/artigos/Out06\\_Kleber\\_A%20logistica%20enxuta.pdf](http://www.forumlogistica.net/site/new/artigos/Out06_Kleber_A%20logistica%20enxuta.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2012.

GAITHER, N., E FRAZIER G. **Administração da Produção e Operações.** Trad. de J. C. B. dos Santos, P. G. Martins. 8. 2d. São Paulo: Pioneira, 2001.

NAZARENO, R, R; RENTES, A, F.; SILVA, A, L.; **Implantando técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos.** [artigo científico]. 2001. Disponível em: < [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001\\_TR10\\_0846.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR10_0846.pdf)>. Acesso em: 04 set. 2012.

NASCIMENTO, D,S.; **Gestão da Qualidade Total: uma proposta de implantação do programa de gestão de qualidade 5S na Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da UFPB.** [Trabalho de conclusão do curso de Biblioteconomia]. 2002. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/99D4CDD096738C7703256FB80040D2E5/\\$File/NT000A4B4A.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/99D4CDD096738C7703256FB80040D2E5/$File/NT000A4B4A.pdf)>. Acesso em: 04 set.2012.

PDAPL – Plano de desenvolvimento de arranjo produtivo local. **Arranjo Produtivo local de plásticos da região do grande ABC**. São Paulo: O Estado de São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1248288417.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1248288417.pdf)>. Acesso em: 15 abr. 2012.

SHINGO, S.; **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Trad. Eduardo Schaan. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

SLACK N., CHAMBERS S.; JOHNSTON R. **Administração da Produção**. Trad. de M. T. C. de oliveira, F. ALHER e H.L. Corrêa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.