

MODIFICAÇÃO DE ARRANJO FÍSICO NA EMPRESA VEDAMOTORS

Andréia Pasqualini, Charles Roberto Hasse, Daniel Petry Schmitz, Fábio Alexandrini, Vander Claudio Sezerino.

RESUMO

Este trabalho aborda o estudo do arranjo físico da produção da empresa Vedamotors Indústria e Comércio de Juntas Ltda. O trabalho identifica a produção como uma das três funções centrais de uma organização. A Pesquisa Operacional, surgida de grupos multidisciplinares formados por engenheiros, matemáticos e físicos, com a missão de resolver problemas incluindo os de âmbito logísticos, a Pesquisa Operacional trouxe à tona a preocupação dos gerentes de produção em dispor as máquinas e equipamentos dentro do parque fabril de forma a otimizar o tempo do processo produtivo. A esta disposição de equipamentos conveniou-se dar o nome de “arranjo físico” ou “layout”, cuja importância suscitou o surgimento de várias obras na literatura da Administração da Produção que tratam a respeito.. Além da pesquisa sobre arranjos físicos em geral, foi objeto de pesquisa o detalhamento sobre o processo produtivo da Vedamotors Indústria e Comércio de Juntas nos dias de hoje. A apreensão deste conjunto de conhecimento deu possibilidades ao autor da pesquisa identificar qual o melhor layout a ser implantado no processo produtivo desejado e quais os ganhos de produtividade que essa mudança possibilitaria.

Palavras-chave: administração da produção; arranjo físico; layout.

INTRODUÇÃO

A globalização tem um impacto muito positivo no âmbito comercial das organizações, pois possibilita que as empresas ampliem suas áreas de atuação a nível mundial. Entretanto, da mesma forma que as organizações locais têm estas portas abertas para sua expansão, empresas do mundo todo têm a mesma abertura, e é através dela que empresas estrangeiras vêm atuar no nosso mercado nacional.

Caso comum, e de provável conhecimento de todos, é a invasão dos produtos asiáticos no mercado mundial, principalmente oriundos da China, um economia ascendente, com disponibilidade de mão-de-obra a custos impraticáveis em nossa realidade. O grande desafio dos administradores é, portanto, produzir os produtos com qualidade cada vez mais alta e a custos cada vez menores.

O grande desafio dos administradores de produção consiste justamente fazer “mais com menos”: produzir mais produtos com menos material, com estoques menores, com menos recursos humanos, com menos refugos, com menores setups, em menos tempo, enfim, a busca geral na redução de custos.

A estratégia de um departamento produtivo há tempos que não é mais somente entregar o que foi vendido. Assim como o departamento de vendas tem as metas para aumento de faturamento, a produção, além de atender aos pedidos de venda, precisar buscar incessantemente a redução dos custos produtivos. A combinação de êxitos em ambos resulta no aumento da lucratividade da empresa. Com maior lucratividade, há maior disponibilidade para novos investimentos, novas tecnologias, novos produtos.

A busca constante por investir mais em novas tecnologias enquadra o empresário em uma nova era, a era da informação, tecnologias e avanços científicos que se estendem de produtos a processos industriais, de novas máquinas a sistemas computadorizados, dos modernos jornais impressos a processadores de informação sofisticados. Nesta nova era o diferencial das empresas bem constituídas está justamente na informação e na capacidade de desenvolver novas soluções.

Aos gestores de produção compete o estudo e a implantação constante dessas inovações fazendo análise dos processos, controles de qualidade, estudos de tempos e métodos, planejamento e controle da produção entre tantas outras atividades relacionadas à produção. O ajuste de arranjos físicos adequados a cada processo produtivo que coordena se enquadra também, dentre as várias competências do gerente de produção.

A ele é atribuída à tarefa de conhecer com propriedade qual é o atual processo produtivo do seu parque fabril, quais são todas as etapas desse processo, de que forma funcionam, quais departamentos e recursos que utilizam, onde se localizam, e por fim, quais os trajetos percorridos, dentro do parque-fabril, pelas matérias-primas e pelos produtos acabados desde o início do processo produtivo até que o produto esteja finalizado para ser entregue ao consumidor.

Mais do que conhecer com propriedade o arranjo físico do processo de produção que coordena, o gerente de produção deve ter em mãos ferramentas que lhe possibilite conhecer quais são as opções ideais de *layouts* praticadas no mercado nos dias de hoje, e atentar-se constantemente às novidades surgidas sobre este tema.

Conhecendo o arranjo físico de sua fábrica e unido a isso, tendo conhecimento sobre arranjos físicos recomendado para cada processo produtivo, o administrador da produção terá plenas condições de diagnosticar rupturas, bem como sugerir melhorias para o *layout* atual, ou até mesmo, determinar a necessidade de que seja instaurado um arranjo físico completamente modificado em substituição ao atual.

O trabalho de pesquisa de que trata este trabalho busca conhecer intensamente as teorias sobre arranjos físicos ideais para cada tipo de processo produtivo e aliar a esse conhecimento um estudo intensivo sobre as etapas produtivas da Vedamotors Indústria e Comércio de Juntas. A partir deste conjunto de conhecimento, faz-se a tentativa de adequar ao parque fabril desta empresa o arranjo físico que mais trará benefícios relativos à redução de custos, aumento da produtividade e manutenção da qualidade por ela praticada atualmente.

A Vedamotors Indústria e Comércio de Juntas está situada na cidade de Rio do Sul-SC, fabricando juntas para motocicletas, jet ski, motosserras, roçadeiras e karts, além de comercializar guarnições de borracha e anéis *o'ring*.

PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO

Toda e qualquer operação gera bens ou serviços, ou ambos, e os gera através de um processo de transformação. O modelo básico de quaisquer processos é constituído por entradas (*inputs*), o processo de transformação e as saídas (*outputs*). A figura 4 demonstra um processo de transformação e os recursos envolvidos:

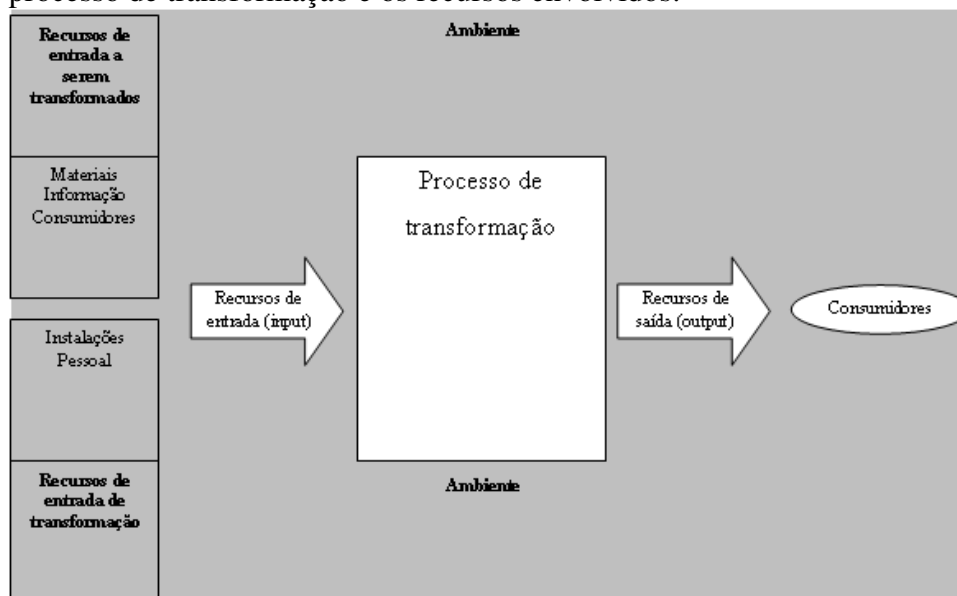


FIGURA 4 – Qualquer produção envolve os processos *input* – transformação - *output*

Fonte: Adaptado de SLACK, 2002, p. 36

Autores como Slack (2002) classificam os recursos de entrada para os processos de transformação como recursos transformados e recursos de transformação.

Os recursos transformados são os que sofrem efetivamente alguma transformação durante o processo, a Figura 4 exemplifica recursos transformados como materiais, informação, normalmente para área de processamento de dados, e os próprios consumidores, para casos de prestação de serviço como hospitais, onde o próprio cliente é quem sofre o processo de transformação.

Os recursos de transformação são os recursos que atuam sobre os recursos transformados e, por sua vez, subdividem-se em dois grupos principais: instalações e funcionários.

As instalações são basicamente a infra-estrutura necessária à realização do processo de transformação, como “prédios, equipamentos, terreno e tecnologia do processo de produção” (SLACK, 2002, p. 38), enquanto que funcionários são quem atua em quaisquer níveis do processo de produção sejam eles operadores, programadores, mantenedores ou administradores da produção. Dependendo do segmento de atuação da empresa, o seu processo de transformação terá diferentes incidências de instalações e funcionários, quando a empresa tem um ramo mais tecnológico o foco é as instalações, já empresas de consultoria, por exemplo, o foco são os funcionários

O processo de transformação propriamente dito pode ser dividido basicamente em três tipos: processamento de materiais, de informações e de consumidores. “O propósito de transformação das operações está diretamente relacionado com a natureza de seus recursos de *input* transformados” (SLACK, 2002, p.39), ou seja, a transformação está diretamente ligada às entradas do processo, sendo que o tipo de entrada obtido no processo vai determinar as operações que serão executadas. Basicamente todos os três tipos de processamento podem transformar propriedades (físicas ou informativas), armazenagem (estocagem ou acomodação) e localização dos *inputs* transformados, embora cada tipo tenha suas peculiaridades além de transformar outros recursos que lhe são mais apropriados.

Os resultados gerados pelo processo de transformação são chamados de *outputs*. “Os *outputs* e o propósito do processo de transformação são bens físicos e/ou serviços [...]” (SLACK, 2002, p. 40) Normalmente os *outputs* do processo são visualizados de diferentes perspectivas, sendo elas:

- Tangibilidade - bens físicos são palpáveis, tangíveis, pode-se tocá-los, já os serviços são intangíveis, não podem ser tocados ou sentidos, somente percebidos. Pode-se tocar uma peça proveniente de um processo de manufatura, mas não se pode tocar o serviço executado por um auditor.
- Estocabilidade: É consequência da tangibilidade, assim os bens podem ser estocados e os serviços não. Por não serem palpáveis, não há como “estocar” serviços.
- Transportabilidade: Também é consequência da tangibilidade, assim os bens físicos são transportáveis e serviços intransportáveis.
- Simultaneidade: também distingue bens físicos de serviços. Por serem estocáveis, normalmente os bens físicos são produzidos com certa antecedência à necessidade do consumidor, enquanto que serviços são normalmente executados no momento em que o consumidor necessita dele, por exemplo, o mecânico conserta o automóvel no momento em que o cliente necessita que ele seja consertado.
- Contato com o consumidor: consequência da simultaneidade, por ser executado no momento em que o consumidor necessita, os serviços tem nível maior de contato com o cliente, enquanto que muitos bens físicos que utilizamos ou consumimos jamais teremos contato com o processo de transformação que o concebeu. Por exemplo, dirigimos automóveis todos os dias, mas poucas são as pessoas que conhecem a linha de produção do mesmo, enquanto que temos contato quase que constante com o mecânico que executa reparos no automóvel.
- Qualidade: como o contato com o consumidor é maior na prestação de serviços, os clientes tendem a avaliar a qualidade do mesmo de forma subjetiva na execução do serviços, enquanto que nos bens físicos a qualidade da transformação é julgada pelo produto recebido. Um exemplo é um restaurante onde julgamos a qualidade pela comida que nos é servida, mas não conhecemos a cozinha onde a mesma é elaborada, ou seja, qualidade é determinada pelo bem e não pelo processo de transformação. (SLACK, 2002, p. 40)

Dentre as diversas funções dos administradores de produção está o estudo da disposição dos equipamentos dentro do parque fabril da organização. Esta disposição dos equipamentos é conhecida como arranjo físico ou *layout*. “O arranjo físico é uma das características mais evidentes de uma operação produtiva porque determina sua ‘forma’ e

aparência.” (SLACK, 2002, p. 200). Por menor que possa parecer, qualquer alteração da localização de uma máquina ou equipamento dentro do processo pode trazer grandes ganhos no processo produtivo em termos de custos de processamento, transporte e armazenamento de materiais ao longo do processo, como também se feita de forma indevida pode onerar o processo com deslocamentos desnecessários, desbalanceamento do processo, enfim, a eficácia geral da produção.

Planejar o *layout* da instalação significa planejar a localização de todas as máquinas, utilidades, estações de trabalho, áreas de atendimento ao cliente, áreas de armazenamento de materiais, corredores, banheiros, refeitórios, bebedouros, divisórias internas, escritórios e salas de computador, e ainda, os padrões de fluxo de materiais e de pessoas que circulam nos prédios. [...] Através dos *layouts* de instalações, a disposição física destes processos dentro e ao redor dos prédios, o espaço necessário para a operação desses processos e o espaço necessário para as funções de apoio são fornecidos. À medida que o planejamento do processo e o planejamento do *layout* das instalações progredem, há um contínuo intercâmbio de informações entre essas duas atividades de planejamento, porque uma afeta a outra. (GAITHER, 2002, p.197)

É necessário haver coesão entre projeto, *layout* e sistema de manuseio de materiais. As características dos materiais a serem transportados são determinantes principalmente no arranjo físico da organização. Estas características vão determinar como e com o auxílio de quais equipamentos estes serão transportados, como deverão ser as vias de circulação entre as máquinas e equipamentos dispostos no parque fabril, bem como de que forma este deverá ser armazenando, determinando tanto o espaço quanto as restrições e intempéries aos quais o material pode ou não estar sujeito. Enfim, “É a característica de volume-variedade [dos materiais] que dita o tipo de processo.” (SLACK, 2002, p. 201).

Os processos podem ser classificados em arranjo físico posicional, por processo, celular ou por produto. Existem ainda os chamados arranjos mistos (também chamados de *layouts* híbridos), onde podem ou ser combinadas características de alguns ou todos os tipos de arranjo físico dentro de um mesmo *layout*, ou ser aplicados mais de um tipo arranjo físico de forma íntegra, porém cada etapa do processo do método que lhe for mais peculiar.

O *layout* por processo é assim chamado por ser determinado majoritariamente pela similaridade das funções e requisitos para funcionamento dos maquinários englobados no processo. Por exemplo, em uma organização toda a estampagem seria feita em um departamento, toda a pintura em outro departamento e toda a embalagem em outro, ou seja, todos os equipamentos destinados aos serviços de estampagem estariam dispostos em um mesmo departamento, conseqüentemente agrupados no arranjo físico, e assim sucessivo aos demais processos.

Normalmente o *layout* por processo é utilizado por organizações onde a variedade de produtos é muito grande e os lotes produzidos são relativamente pequenos.

O *layout* por produto é assim chamado ser o principal fator determinante para o arranjo físico o produto que será produzido. Segundo Gaither (2002) “Os layouts por produto tipicamente usam máquinas especializadas que são configuradas uma única vez para executar uma operação específica durante um longo período de tempo em um produto.” (GAITHER, 2002, p. 200)

A necessidade de habilidade, qualificação e supervisão dos operadores é menor por executarem pequenas etapas de um processo normalmente dedicado a um único ou a uma pequena variedade de produtos. Quanto à flexibilidade, normalmente os layouts por produtos requerem poucas alterações, pois o processo ao qual esteja arranjo físico é dedica independente da maior parte dos demais processos e quaisquer alterações nos mesmos não surtem efeitos no mesmo.

O *layout* por manufatura celular é quando existe uma divisão dentro do *layout*, normalmente por processo, onde é criada uma célula de trabalho para executar determinado

produto ou grupo de produtos que contenham características e requisitos de fabricação similares.

Tomando os exemplos dados no *layout* por processo, seria uma situação onde uma organização possui departamentos de estampagem, pintura e embalagem, mas além destes processos a empresa dispõe de uma célula que fabrica um produto específico com processos também de estampagem, pintura e embalagem com particularidades que não possibilitam sua fabricação junto aos demais.

Para Gaither (2002) nos *layouts* de manufatura celular “as máquinas são agrupadas em células, e as células funcionam de uma forma bastante semelhante a uma ilha de *layout* de produção dentro de uma *job shop* maior ou *layout* por processo.” (GAITHER, 2002, p. 200)

No *layout* por posição fixa ou posicional os produtos permanecem estacionados para receberem a transformação necessária dada pelas máquinas e equipamentos e, estes sim, é que são transportados até os materiais para execução dos trabalhos.

Este tipo de *layout* é utilizado quando o bem a ser produzido é demasiado pesado, volumoso ou frágil para circular pelo parque fabril. Obras da construção civil como prédios, rodovias, pontes e represas precisam que sejam levados todos os trabalhadores, equipamentos, materiais e subcontratados até o local onde está sendo executado o produto. Também grandes máquinas, construções navais, aeronaves, mísseis, etc.

Um *Layout* híbrido ou misto é a combinação de dois ou mais tipos de arranjo físico. Este layout pode representar uma otimização dos diversos tipos de layouts, onde se consegue extrair de cada tipo de arranjo físico suas maiores vantagens e compensar as desvantagens, para tal é imprescindível conhecer e entender as características de cada tipo básico de *layout*. Um exemplo bastante comum é a montagem de aeronaves comerciais como descrito abaixo:

[...] considere a montagem final do avião comercial da Boeing (modelos 737, 747, 757, 757 e 777). Durante a montagem final, cada unidade de aeronave é localizada num espaço de montagem de posição fixa. Entretanto, a cada dois ou três dias, cada aeronave é retirada de seu espaço e empurrada até o espaço de montagem seguinte, onde diferentes tarefas de montagem são executadas. Desse modo, não obstante um avião ser montado durante dois ou três dias numa localização fixa, ele percorre de seis a oito diferentes espaços e montagem, numa forma de *layout* por produto. (GAITHER, 2002, p. 201)

O conceito moderno de arranjos físicos está muito mais voltado para a qualidade dos produtos e para flexibilidade do layout quanto à variedade de modelos e quantidade a ser produzida do que para uma utilização máxima das máquinas e dos trabalhadores.

Gaither (2002) lista algumas tendências que podem ser observadas nas instalações das empresas que migram para *layouts* modernos:

- Inclusão de layouts de manufatura celular dentro de layouts por processo;
- Elevado número de automatizações no processo, principalmente nos almoxarifados, transporte e manuseio de materiais de modo geral;
- Disposição das linhas de produção em formato “U”. Desta forma os trabalhadores têm maior mobilidade dentro da própria linha, diminuindo o tédio de trabalhos repetitivos e homogeneizando a equipe, e são facilitados o contato social e a comunicação, aumentando a moral e a união da equipe;
- Redução no número de divisórias e demais obstáculos para permitir uma melhor visualização das células de trabalho próximas;
- Redução e compactação dos layouts. Com a crescente da automatização o espaço disponibilizado entre os equipamentos pode ser reduzido já que robôs não requerem maior ergonomia para desempenho da função;
- Redução de estoques nos arranjo físico. Gaither (2002)

A seleção do tipo ou dos tipos básicos de arranjos físicos adequados às necessidades da organização depende basicamente de dois fatores batizados como “binômio volume-variedade” (SLACK, 2002, p. 201). O volume e a variedade de artigos produzidos são as características que determinam a relevância do fluxo no processo. Slack (2002) diz que o volume e a variedade de artigos são as principais variáveis de apoio à decisão do tipo de arranjo físico básico a ser escolhido.

Uma vez que o volume é considerado baixo e a variedade alta, “o ‘fluxo’ não é uma questão central.” (SLACK, 2002, p. 212)

A situação inversa, aumentando os volumes e diminuindo a variedade, “o fluxo dos recursos transformados torna-se uma questão mais importante que deve ser tratada pela decisão referente a arranjo físico.” (SLACK, 2002, p. 212). Um layout completamente definido por fluxo é praticamente inviável devido aos diferentes padrões de fluxo dos mais diversos clientes.

“Quando a variedade de produtos e serviços se reduz de forma que um grupo de clientes com necessidades similares possa ser identificado, mas a variedade ainda é grande, um arranjo celular torna-se mais adequado.” (SLACK, 2002, p. 212)

Um arranjo físico por produto é mais adequado quando a variedade é pequena e há certa estabilidade no fluxo dos materiais, informações e clientes.

“Aumentando-se o volume, aumenta a *importância* de se gerenciar bem os fluxos e, reduzindo-se a variedade, aumenta a *viabilidade* de um arranjo físico baseado num fluxo evidente e regular.” (SLACK, 2002, p. 212-213)

Normalmente as características do binômio volume-variedade reduzem as possibilidades de escolha a um ou dois tipos básicos de arranjo físico. Para tanto, é de fundamental importância conhecer as vantagens e desvantagens de cada um dos tipos de arranjos físicos básicos, como demonstrados na tabela desenvolvida por Slack (2002) como segue abaixo:

TABELA 1 – Vantagens e Desvantagens dos tipos de arranjo físico

| | Vantagens | Desvantagens |
|-------------------|--|---|
| Posicional | Flexibilidade muito alta de <i>mix</i> e produto Produto ou cliente não movido ou perturbado Alta variedade de tarefas para mão-de-obra | Custos unitários muito altos Programação de espaço ou atividades pode ser complexa Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão de obra |
| Processo | Alta flexibilidade de <i>mix</i> e produto Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Supervisão de equipamento e instalações relativamente fácil | Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar |
| Celular | Pode dar um bom equilíbrio entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta Atravessamento rápido Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação | Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual Pode requerer capacidade adicional Pode reduzir níveis de utilização de recursos |
| Produto | Baixos custos unitários para altos volumes Dá oportunidade para especialização de equipamento Movimentação conveniente de clientes materiais | Pode ter baixa flexibilidade de <i>mix</i> Não muito robusto contra interrupções Trabalho pode ser repetitivo |

Fonte: SLACK, 2002, p. 214

Uma das técnicas mais comuns para análise de arranjo físico de instalações é usar gabaritos ou modelos, normalmente bidimensionais, dispostos sobre uma planta baixa do prédio cujo *layout* será analisado. Os modelos são confeccionados na mesma escala da planta baixa e quando dispostos sobre a mesma dão uma noção real de como ficará a instalação após montagem do arranjo físico desejado. Este método “é especialmente útil quando se desenvolve um layout de um departamento ou prédio existente ou quando a configuração do prédio é conhecida.” (GAITHER, 2002, p. 203)

Para o planejamento de um arranjo físico por processo e armazenamento, são basicamente três as análises utilizadas: análise da seqüência de operações, de diagrama de blocos e de distância de carga. A análise da Seqüência de Operações busca expressar e analisar graficamente o layout. Sua principal função é dar suporte à definição da “localização de departamentos operacionais em relação uns aos outros quando a forma externa e dimensões do prédio não são fatores limitadores.” (GAITHER, 2002, p. 203). Nesta análise os

departamentos são diagramados esquematicamente, cada setor recebe um número e as relações de interdependência são estabelecidas, dados que são cruciais ao processo da organização, como o número de produtos que fazem este trajeto, são colocados nas linhas que correspondem à interligação. Em seguida o diagrama deve ser reestruturado de modo a aproximar os departamentos cujo número de movimentações de produtos entre eles é mais elevado e tentar estabelecer um formato o mais retangular possível. Ao fim, o diagrama esquemático da Sequência de Operações não gera nenhum resultado que traga melhorias ao *layout*, ele serve como base para o diagrama de blocos que será explicado a seguir.

O diagrama de blocos parte do diagrama esquemático da análise de sequência de operações e inclui o espaço físico necessário a cada departamento. Dessa forma “uma análise de diagrama de blocos [...] define a forma e as dimensões gerais do prédio e a localização das fronteiras departamentais interiores.” (GAITHER, 2002, p. 205).

No centro de cada departamento representado no diagrama esquemático da análise de sequência de operações é desenhado um quadrado de área proporcional à área necessária ao respectivo departamento. O resultado normalmente é um *layout* externo totalmente irregular, o que é impraticável para construção de um prédio. Em seguida, mantendo a área inicial mas variando as formas dos quadrados, pode-se obter um *layout* departamental onde a forma do prédio é retangular e são mantidas as relações entre os departamentos. É comum este modelo de diagrama apresentar dois ou mais *layouts* aparentemente bons, cada um com suas particularidades.

Para melhor analisar qual a melhor opção entre os resultados gerados pela análise de diagrama de blocos utiliza-se a análise de Distância da Carga. Esta análise “é útil para comparar *layouts* alternativos para identificar aquele no qual os produtos ou materiais fazem a menor viagem por período de tempo.” (GAITHER, 2002, p. 207).

A análise de distância de cargas consiste basicamente em levantar as distâncias de cada uma das relações entre os departamentos em cada proposta de *layout* que será analisada. Feito isso, é preciso identificar os caminhos percorridos pelos mais diversos produtos ou grupos de produtos com processos semelhantes dentro do processo produtivo. É importante levar em consideração a demanda de cada produto ou grupo de produtos, assim produtos com maior demanda terão maior representatividade no processo decisório. Uma vez determinados os caminhos percorridos por cada produto ou grupo de produtos, soma-se a distância que cada um percorreria nos diferentes *layouts* analisados e multiplica-se pela demanda do produto. O somatório das distâncias percorridas por todos os produtos em cada proposta de *layout* vai gerar uma distância total, o arranjo que proporcionar o menor deslocamento pode ser considerado o *layout* ótimo dentre as opções analisadas.

As três técnicas de análise de *layout* apresentadas – análise da sequência de operações, de diagrama de blocos e de distância de carga – podem ser usadas quer o analista deva ou não restringir-se à configuração do prédio. Estas análises iniciam com os processos de produção e desenvolvem um *layout* que define a configuração do prédio. Mas em geral devemos iniciar com um prédio e desenvolver um *layout* dentro dessas dimensões. [...] (GAITHER, 2002, p. 209)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

É política interna da Vedamotors que não sejam divulgados dados reais da produção como número de artigos produzidos e suas descrições, materiais utilizados para fabricação, tipo e modelo dos recursos produtivos utilizados e detalhes técnicos das etapas de fabricação. Para fins acadêmicos e para não transgredir o regulamento interno da empresa, os recursos foram sintetizados em famílias de recursos, as fases de operação foram agrupadas por similaridade e os dados sobre a quantidade de peças mensal não serão reais, mas proporcionais aos dados reais.

Todos os processos da Vedamotors são integrados por um sistema de ERP (*Enterprise Resource Planning*). Sistemas ERP trazem benefícios ao processo por sua agilidade e exatidão na informação, todos os módulos do sistema compartilham o mesmo

banco de dados, assim os dados alimentados pelo departamento comercial são os mesmos visualizados pelo departamento de Planejamento e Controle da Produção (doravante chamado apenas PCP), que são os mesmos passados ao departamento de compras e assim sucessivamente. A Engenharia abastece o sistema com cadastros de materiais, produtos, estrutura dos produtos e operações para fabricação, entre outras informações.

O sistema de produção da Vedamotors é o chamado de “produção puxada”, onde a venda gera a necessidade de produção, e não “produção empurrada”, onde a produção produz um lote e o disponibiliza para venda. O processo completo envolve diversos departamentos, como no quadro 1

Para determinar o layout da empresa Vedamotors faz-se necessário tabelar alguns dados sobre o processo produtivo, sendo eles os departamentos e respectivos recursos, as fases de operação para produção dos artigos, a seqüência de operação para fabricação dos itens.

Quadro 1 – Setores da Empresa

| Setor | Descrição |
|--------------|--|
| Comercial | uma vez que as informações estão no sistema, o departamento comercial define os preços de venda e demais políticas comerciais. Representantes externos ou a própria equipe interna do departamento dão entrada dos pedidos de venda no sistema. |
| Expedição | coleta os itens do pedido no estoque e preparam o pedido para faturamento. Uma vez que todos os itens encontram-se disponíveis em estoque, o pedido é finalizado e as informações de peso e volume são enviadas ao faturamento. Caso falem produtos, começa então o trabalho do PCP. |
| Estoque | existem três tipos de estoques: o estoque de matérias-primas, produtos intermediários e produtos acabados. O nível de estoque é determinado pelo ponto de encomenda, que determina o estoque pela demanda média mensal dentro do prazo de entrega necessário aos produtos. De um modo geral, o magazine de produtos acabados é alimentado pela embalagem e utilizado pela expedição, o magazine de produtos intermediário é alimentado pela produção e utilizado pela embalagem e o magazine de matérias-primas é alimentado pelo departamento de Compras utilizado pela produção. |
| PCP | o próprio pedido de vendas faz a requisição dos produtos acabados no estoque. O PCP analisa a disponibilidade dos produtos pedidos pelos clientes automaticamente através do ERP. Caso não haja saldo em estoque suficiente para entrega dos pedidos, são geradas as Ordens de Produção (doravante chamada somente OP) para embalagem, produção ou preparação de matéria-prima. As ordens de produção geram a requisição dos materiais, uma vez que os itens atingem o ponto de encomenda do estoque, é gerada uma solicitação de compras ao departamento de aquisição. |
| Embalagem | Caso não haja saldo em estoque dos produtos, automaticamente o PCP gera uma OP para o departamento de Embalagem. O processo de embalagem é iniciado quando há estoque dos componentes necessários (podem ser embalados kits de juntas ou juntas avulsas), estes componentes podem ser componentes comprados ou fabricados, se forem comprados o ERP gera uma solicitação de compras e se forem fabricados os PCP gera uma OP. Quando embalados os itens são armazenados no magazine de produtos acabados, onde a Expedição coleta os itens para separação dos pedidos. |
| Produção | se não houver disponibilidade dos produtos necessários para embalagem o departamento de PCP gera as OPs para a produção. A produção recebe a matéria-prima do almoxarifado, faz a preparação do material antes do processo de transformação quando necessário, executa os mais diversos processos de transformação assim como os processos de acabamento das peças. Quando prontos os itens são armazenados no magazine de produtos intermediários, onde a Embalagem coleta os itens. |
| Almoxarifado | o Almoxarifado recebe as OPs do PCP e faz a separação do material em quantidade necessária para respectiva ordem, o ferramental e o critério para inspeção de qualidade da peça. O Almoxarifado é o departamento que recebe os materiais, faz a inspeção de recebimento e, se os materiais estiverem conforme, os armazena no magazine de matérias-primas, sendo responsáveis por toda e qualquer movimentação dos materiais deste magazine. |
| Compras: | o departamento de compras recebe através do ERP as solicitações de compra e negocia com fornecedores o melhor custo e prazo de entrega dos materiais necessários à produção. Uma vez emitido o pedido de compras os materiais são entregues dentro do prazo pré-determinado, inspecionados pelo recebimento de materiais e enviados ao almoxarifado. |

Embora alguns itens necessitem etapas de montagem de componentes, estes processos não caracterizam uma linha de montagem. A Vedamotors conta hoje com mais de seis mil itens de giro de demandas variadas, esta grande variedade e lotes de produção relativamente pequenos torna o *layout* por processo o tipo de arranjo mais adequando à produção da Vedamotors.

Alheio a todas as etapas acima a Vedamotors ainda conta com um departamento para processamento de elastômeros. Este departamento possui uma baixa diversidade com média demanda dos itens. Para tal departamento o *layout* empregado é o *layout* de manufatura celular pois “as máquinas são agrupadas em células, e as células funcionam de uma forma bastante semelhante a uma ilha de *layout* de produção dentro de uma *job shop* maior ou *layout* por processo.” (GAITHER, 2002, p. 200)

Por ser um processo que não interfere nos demais e que necessita de localização específica devido à necessidade de insumos provenientes da parte externa da empresa, o *layout* do setor de elastômeros não será estudado no presente projeto.

Atualmente a Vedamotors dispõe de mais de sessenta recursos que são utilizadas para os mais diversos fins produtivos, porém para fins acadêmicos estes foram sintetizados em dez grupos ou famílias de recursos. Por exemplo, há vários recursos utilizados na montagem de componentes, estes executam etapas de montagem, acoplamento, calibração de espessura, entre outras. Todos estes recursos serão tratados como departamento de montagem, sob o código número 30. A Figura 5 representa o layout atual dividido por departamento, enquanto que a tabela 2 demonstra a codificação adotada para os departamentos:

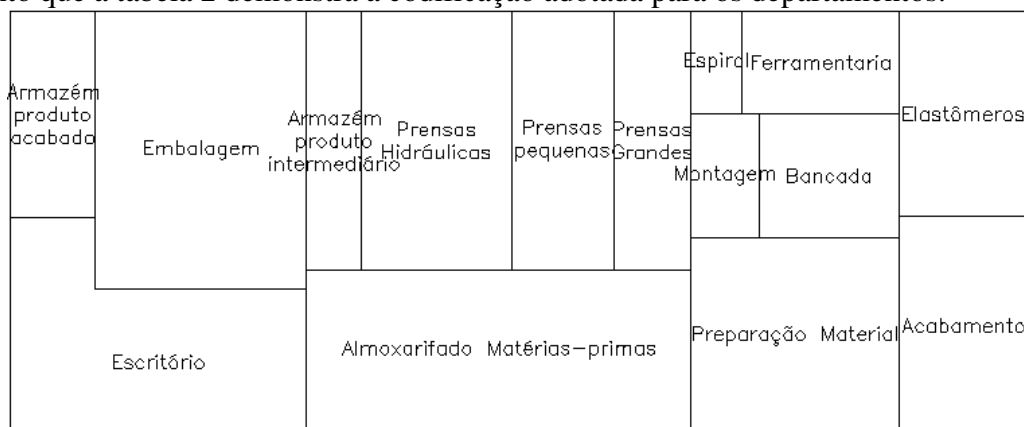


FIGURA 5 – Layout atual da Vedamotors
Fonte: acervo do autor

Tabela 2 – Departamentos produtivos da Vedamotors

| CÓDIGO | DESCRIÇÃO |
|--------|---------------------|
| 15 | BANCADA |
| 25 | ESPIRAL |
| 30 | MONTAGEM |
| 35 | PRENSAS GRANDES |
| 40 | PRENSAS HIDRÁULICAS |
| 45 | PRENSAS PEQUENAS |
| 50 | ACABAMENTO |

Fonte: acervo do autor

Além destes departamentos, existem ainda os departamentos de elastômeros, ferramentaria, preparação de material, embalagem e escritório, além dos estoques de matérias primas, produtos intermediários e produtos acabados.

O presente trabalho foca a melhoria no arranjo físico do processo produtivo, por este motivo não serão abordados os estoques, a embalagem e setores de suporte como ferramentaria, preparação de material e escritório.

Os produtos fabricados pela Vedamotors são dos mais diversos tipos de materiais e, mesmo quando fabricados com materiais similares, têm particularidades que fazem com que o processo produtivo seja desmembrado em mais cinquenta fases de operação.

Cada família de recursos listada na Tabela 2 pode executar uma ou mais fases de operações, muitas vezes o produtos permanece no mesmo recurso, porém há uma troca de ferramental para executar a operação subsequente.

Raramente os produtos necessitam de mais de quatro fases para sua fabricação, mas para fins didáticos as mais de cinquenta fases foram distribuídas por similaridade em grupos. Estes grupos representam fases que são executadas em células de trabalho próximas e condizem com a necessidade da empresa para o *layout* por processo.

A Tabela 3 lista os sete grupos de fases de operação e os respectivos recursos onde comumente são executadas:

Tabela 3 – Fases de Operação x Recursos produtivos

| Fase | Descrição | Recurso |
|------|----------------------------|---------|
| D1 | Estampar prensa pequena | 45 |
| D3 | Estampar prensa hidráulica | 40 |
| D5 | Espiralizar | 25 |
| D6 | Estampar prensa grande | 35 |
| H0 | Limpar peças | 15 |

| | | |
|----|-----------------|----|
| K3 | Montar conjunto | 30 |
| Q3 | Acabamento | 50 |

Fonte: acervo do autor

Para estudar o arranjo físico não é necessário conhecer detalhes específicos das fases de operações, portanto não serão abordadas as fases de operação, mas somente os recursos utilizados, pois é a distância entre eles quem definirá o melhor fluxo do processo produtivo.

Para analisarmos o processo produtivo, é imprescindível conhecer o fluxo de operações realizadas neste processo, bem como o volume de produtos que percorrem este fluxo. No total são fabricados hoje 2.046 itens que compõem os 3.530 produtos embalados para venda. O número de produtos embalados é significativamente maior porque os itens produzidos podem ser vendidos avulsos ou combinados em kits. Daí a necessidade de um estoque intermediário: um produto X pode ser vendido avulso ou embalado nos kits A, B ou C. Para redução do tempo de setup e aumento de produtividade, o produto X é produzido uma única vez e armazenado no magazine de produtos intermediários, podendo ser utilizado pela embalagem nas suas mais diversas aplicações.

Combinadas as fases de operação, os produtos percorrem os mais variados caminhos distintos dentro do processo produtivo. Vamos analisar as movimentações entre recursos para execução das fases de operação. Após finalizadas, a produção abastece o magazine de produtos intermediários. A Tabela 4 lista a movimentação entre os recursos no processo produtivo.

Tabela 4 – Movimentações entre recursos

| Movimentação entre departamentos | Recurso de | Recurso para |
|----------------------------------|----------------------|---------------------|
| 15-30 | Bancada | Montagem |
| 15-45 | Bancada | Prensas pequenas |
| 25-15 | Maquina anel espiral | Bancada |
| 30-45 | Montagem | Prensas pequenas |
| 35-30 | Prensas grandes | Montagem |
| 35-40 | Prensas grandes | Prensas hidráulicas |
| 35-50 | Prensas grandes | Acabamento |
| 40-15 | Prensas hidráulicas | Bancada |
| 40-30 | Prensas hidráulicas | Montagem |
| 45-50 | Prensas pequenas | Acabamento |

Fonte: acervo do autor

Embora possamos analisar de forma mais simplista a relação de movimentação entre as fases, a maior parte dos produtos executa duas, três ou até quatro fases de operação. Embora haja produtos muito mais complexos, com até sete fases de operação, estes têm demanda muito baixa, e não podem servir como parâmetro para dimensionar todo o processo dos itens de grande giro.

A tabela 5 demonstra das seqüências de processamento com as relações entre os recursos e o número de peças que é produzido por mês nesta seqüência. Com estes dados poderemos determinar a distância total percorrida pelos produtos dentro da produção a cada mês.

Tabela 5 – Seqüência de fases x demanda

| Seqüência de processamento nos departamentos | Demanda mensal |
|--|----------------|
| 25-15 | 60.500 |
| 30-45 | 200 |
| 35-30-45-50 | 3.400 |
| 35-40 | 14.600 |
| 35-50 | 98.800 |
| 40-15 | 291.400 |
| 40-15-30-45 | 3.200 |
| 40-15-45 | 2.000 |
| 40-30 | 13.800 |
| 40-30-35 | 200 |
| 40-30-35-50 | 700 |
| 40-30-45 | 9.800 |
| 40-30-45-50 | 8.500 |
| 45-15 | 87.500 |
| 45-30 | 4.500 |

| | |
|-------------|-------|
| 45-30-35 | 100 |
| 45-30-45 | 200 |
| 45-30-45-50 | 1.200 |
| 45-50 | 1.200 |
| 45-50-45-50 | 3.100 |

Fonte: acervo do autor

Para identificar o melhor arranjo físico, é preciso combinar as informações obtidas pela Tabela 5, que é a demanda mensal de produtos obtida por cada seqüência, com a distância percorrida entre cada recurso.

A Tabela 6 descreve as movimentações entre departamentos e a distância percorrida em cada uma destas movimentações. Esta informação é de suma importância para executar a análise de distância de cargas.

Tabela 6 – Distância das movimentações entre recursos no layout atual

| Movimentação | De | Para | Distância entre os departamentos (m) |
|--------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|
| 15-30 | Bancada | Montagem | 7,6 |
| 15-45 | Bancada | Prensas pequenas | 19,7 |
| 25-15 | Espiral | Bancada | 11,7 |
| 30-45 | Montagem | Prensas pequenas | 12,2 |
| 35-30 | Prensas grandes | Montagem | 5,9 |
| 35-40 | Prensas grandes | Prensas hidráulicas | 15,8 |
| 35-50 | Prensas grandes | Acabamento | 26,5 |
| 40-15 | Prensas hidráulicas | Bancada | 28,9 |
| 40-30 | Prensas hidráulicas | Montagem | 21,3 |
| 45-50 | Prensas pequenas | Acabamento | 32,3 |

Fonte: acervo do autor

As seqüências de operação identificadas na Tabela 5 nada mais são do que a combinação de algumas das movimentações listadas na Tabela 6. A distância total percorrida e cada seqüência de operação é determinada pela soma das distâncias das movimentações. A Tabela 7 informa a distância total de cada seqüência de processamento:

Tabela 7 – Distância percorrida nas seqüências de operações existentes

| Seqüência de processamento nos departamentos / recursos | Distância percorrida entre departamentos (m) |
|---|--|
| 25-15 | 12 |
| 30-45 | 12 |
| 35-30-45-50 | 50 |
| 35-40 | 16 |
| 35-50 | 27 |
| 40-15 | 29 |
| 40-15-30-45 | 49 |
| 40-15-45 | 49 |
| 40-30 | 21 |
| 40-30-35 | 27 |
| 40-30-35-50 | 54 |
| 40-30-45 | 34 |
| 40-30-45-50 | 66 |
| 45-15 | 20 |
| 45-30 | 12 |
| 45-30-35 | 18 |
| 45-30-45 | 24 |
| 45-30-45-50 | 57 |
| 45-50 | 32 |
| 45-50-45-50 | 65 |

Fonte: acervo do autor

Esta informação multiplicada pela demanda mensal de cada seqüência vai determinar a distância percorrida em cada mês e vai identificar a melhor proposta de layout pela análise de distância de cargas.

Na análise da seqüência de operações é elaborado um diagrama onde aleatoriamente os departamentos e suas ligações são montados e a demanda das movimentações entre eles é informada na linha que une os pontos. Na Figura 6 foi elaborado o diagrama primário da análise da seqüência de operações. No caso da Vedamotors, os dois departamentos com maior volume de movimentação de produtos são a Bancada e a Montagem. No diagrama apresentado na Figura 6 basicamente demonstra a situação da produção atualmente.

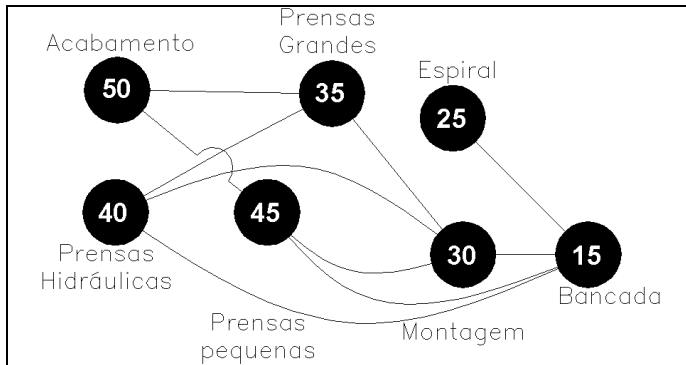


FIGURA 6 – Diagrama de análise de seqüência de operações
 Fonte: acervo do autor

A etapa seguinte consiste em reorganizar as operações de modo que os departamentos com maior fluxo estejam localizados em posições de mais fácil acesso. Por estes motivos a Figura 7 traz o diagrama reorganizado de modo que estas operações fiquem mais centralizadas. As demais operações devem estar dispostas da forma mais retangular possível.

Visivelmente a montagem e a bancada são os departamentos que mais participam da movimentação de materiais e no atual arranjo físico eles estão dispostos no final do processo.

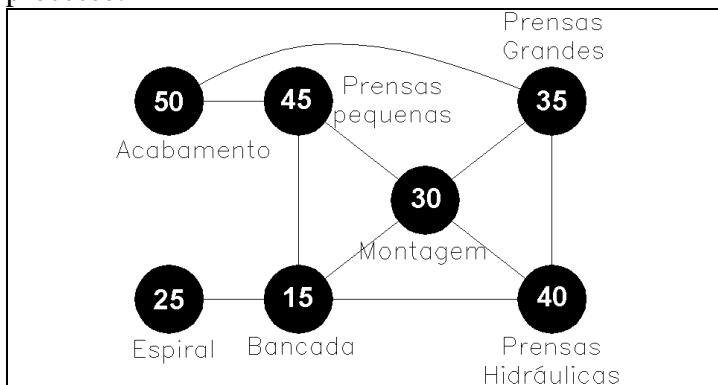


FIGURA 7 – Diagrama de análise de seqüência de operações revisado
 Fonte: acervo do autor

Para realizar a análise do diagrama de blocos precisamos, primeiramente, conhecer a área necessária para instalação de cada departamento. Cabe aqui ressaltar que esta área prevê corredores para circulação e espaçamentos entre as máquinas de acordo com as premissas da NR-12, espaço para acomodação de produtos em processo, in

Com as informações da área dos departamentos, coloca-se um retângulo correspondente à área respectiva de cada departamento diagrama de análise de seqüência. Naturalmente o primeiro resultado obtido não reflete um formato aplicável a uma organização como demonstra do na Figura 8.

Tabela 8 – Área necessária aos departamentos

| Código | Recursos | Área (m²) |
|--------|---------------------|-----------|
| 15 | Bancada | 92,40 |
| 25 | Espiral | 28,50 |
| 30 | Montagem | 45,50 |
| 35 | Prensas grandes | 107,40 |
| 40 | Prensas hidráulicas | 209,00 |
| 45 | Prensas pequenas | 142,50 |
| 50 | Acabamento | 150,25 |

Fonte: acervo do autor

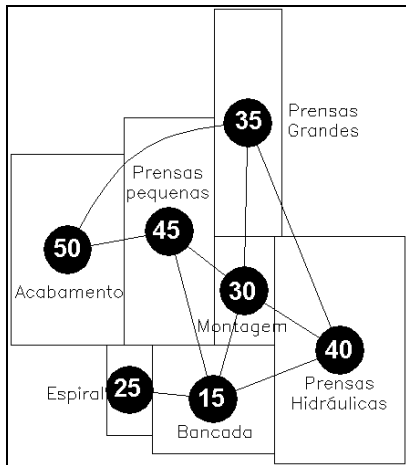


FIGURA 8 – Diagrama de análise de blocos

Fonte: acervo do autor

Após algumas simulações chegou-se a uma situação ideal que pode ser aplicada ao arranjo físico da empresa.

Os resultados obtidos nas análises de seqüência de operações e diagrama de blocos proporcionaram a criação de diversas novas propostas de arranjo físico. A melhor proposta obtida foi o layout apresentado na Figura 9, intitulado de Layout B.

No layout anterior identificou-se que setores de apoio como a ferramentaria estavam no centro do arranjo físico, ao passo que setores de maior fluxo estavam na parte posterior. A nova proposta mostra um processo quase que linear, iniciando pela preparação das matérias-primas que são enviadas às prensas, passando por etapas auxiliares como, bancada, montagem e acabamento, sendo estocado no armazém de produtos intermediários, de onde é coletado pela embalagem que, por sua vez armazena os produtos no armazém de produtos acabados de onde são expedidos conforme pedidos dos clientes Para verificar a viabilidade do novo layout proposto, é necessário fazer-se a chamada Análise de Distância de Cargas.

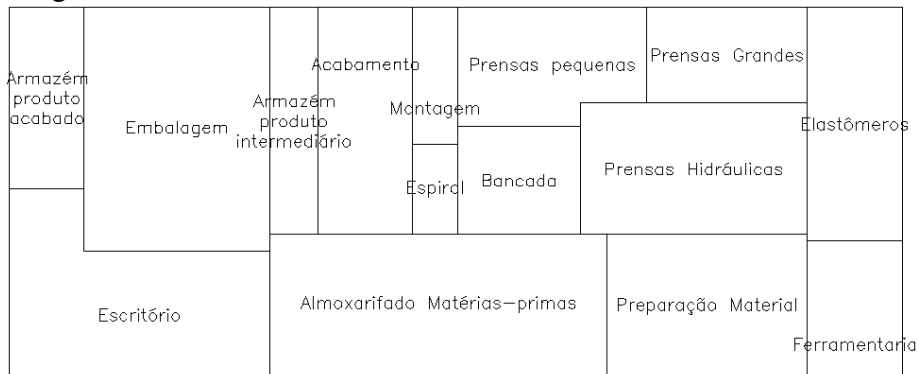


FIGURA 9 – Layout B

Fonte: acervo do autor

Esta análise nos possibilita identificar as distâncias percorridas pelos produtos dentro dos processos. O arranjo físico que resultar em uma menor distância total percorrida é o que vai gerar menos custos internos, como tempos de filas, produtos aguardando dentro do processo produtivo e, por fim, maior produtividade geral, pois os operadores passarão menos tempos em transporte de materiais e mais tempo produzindo. A Tabela 9 traz a distância percorrida nas movimentações, colocando lado a lado o layout atual e o layout B, que é o novo layout proposto:

As movimentações entre os departamentos arranjadas de acordo com as necessidades dos produtos formam as seqüências de operações. A Tabela 10 traz a distância total percorrida no layout atual e na nova proposta, o Layout B.

Os resultados obtidos mostram que a maior parte das seqüências de operação tiveram redução do deslocamento total.

Tabela 9 – Distância das movimentações entre recursos no layout atual e proposto

| Movimentação | De | Para | Distância entre os departamentos (m) | |
|--------------|----------------------|---------------------|--------------------------------------|----------|
| | | | Layout Atual | Layout B |
| 15-30 | Bancada | Montagem | 7,6 | 11,2 |
| 15-45 | Bancada | Prensas pequenas | 19,7 | 9,9 |
| 25-15 | Maquina anel espiral | Bancada | 11,7 | 7,0 |
| 30-45 | Montagem | Prensas pequenas | 12,2 | 9,8 |
| 35-30 | Prensas grandes | Montagem | 5,9 | 24,3 |
| 35-40 | Prensas grandes | Prensas hidráulicas | 15,8 | 9,9 |
| 35-50 | Prensas grandes | Acabamento | 26,5 | 30,7 |
| 40-15 | Prensas hidráulicas | Bancada | 28,9 | 14,6 |
| 40-30 | Prensas hidráulicas | Montagem | 21,3 | 22,9 |
| 45-50 | Prensas pequenas | Acabamento | 32,3 | 16,3 |

Fonte: acervo do autor

Tabela 10 – Distância percorrida nas seqüências de operações existentes

| Seqüência de processamento nos departamentos / recursos | Distância percorrida entre departamentos (m) | |
|---|--|----------|
| | Layout Atual | Layout B |
| 25-15 | 12 | 7 |
| 30-45 | 12 | 10 |
| 35-30-45-50 | 50 | 50 |
| 35-40 | 16 | 10 |
| 35-50 | 27 | 31 |
| 40-15 | 29 | 15 |
| 40-15-30-45 | 49 | 36 |
| 40-15-45 | 49 | 25 |
| 40-30 | 21 | 23 |
| 40-30-35 | 27 | 47 |
| 40-30-35-50 | 54 | 78 |
| 40-30-45 | 34 | 33 |
| 40-30-45-50 | 66 | 49 |
| 45-15 | 20 | 10 |
| 45-30 | 12 | 10 |
| 45-30-35 | 18 | 34 |
| 45-30-45 | 24 | 20 |
| 45-30-45-50 | 57 | 36 |
| 45-50 | 32 | 16 |
| 45-50-45-50 | 65 | 33 |

Fonte: acervo do autor

Para determinarmos qual o melhor arranjo físico pelo método de análise de distância de cargas é necessário multiplicar a distância percorrida pelos produtos em cada uma das seqüências de operação pela quantidade de produtos que faz este trajeto em um período pré-determinado, no caso aqui estudado a demanda é mensal.

Tabela 11 – Comparativa das distâncias totais percorridas em um mês

| Seqüência de processamento nos departamentos / recursos | Demanda mensal | Distância percorrida entre departamentos (m) | | Distância total percorrida mensalmente (m) | | Variação percentual % |
|---|----------------|--|----------|--|------------|-----------------------|
| | | Layout Atual | Layout B | Layout Atual | Layout B | |
| 25-15 | 60.500 | 12 | 7 | 707.850 | 423.500 | -40% |
| 30-45 | 200 | 12 | 10 | 2.440 | 1.960 | -20% |
| 35-30-45-50 | 3.400 | 50 | 50 | 171.360 | 171.360 | 0% |
| 35-40 | 14.600 | 16 | 10 | 230.680 | 144.540 | -37% |
| 35-50 | 98.800 | 27 | 31 | 2.618.200 | 3.033.160 | 16% |
| 40-15 | 291.400 | 29 | 15 | 8.421.460 | 4.254.440 | -49% |
| 40-15-30-45 | 3.200 | 49 | 36 | 155.840 | 113.920 | -27% |
| 40-15-45 | 2.000 | 49 | 25 | 97.200 | 49.000 | -50% |
| 40-30 | 13.800 | 21 | 23 | 293.940 | 316.020 | 8% |
| 40-30-35 | 200 | 27 | 47 | 5.440 | 9.440 | 74% |
| 40-30-35-50 | 700 | 54 | 78 | 37.590 | 54.530 | 45% |
| 40-30-45 | 9.800 | 34 | 33 | 328.300 | 320.460 | -2% |
| 40-30-45-50 | 8.500 | 66 | 49 | 559.300 | 416.500 | -26% |
| 45-15 | 87.500 | 20 | 10 | 1.723.750 | 866.250 | -50% |
| 45-30 | 4.500 | 12 | 10 | 54.900 | 44.100 | -20% |
| 45-30-35 | 100 | 18 | 34 | 1.810 | 3.410 | 88% |
| 45-30-45 | 200 | 24 | 20 | 4.880 | 3.920 | -20% |
| 45-30-45-50 | 1.200 | 57 | 36 | 68.040 | 43.080 | -37% |
| 45-50 | 1.200 | 32 | 16 | 38.760 | 19.560 | -50% |
| 45-50-45-50 | 3.100 | 65 | 33 | 200.260 | 101.060 | -50% |
| | | Total | | 15.722.000 | 10.390.210 | -34% |

Fonte: acervo do autor

. A Tabela 11 traz estes dados e complementa com a variação percentual em cada uma das fases. O resultado aqui apresentado é de que o Layout B, novo layout proposto, proporciona uma redução de 34% na distância total percorrida pelos produtos no processo produtivo da empresa Vedamotors.

CONCLUSÕES

Com este trabalho pudemos verificar o quão complexo pode ser a metodologia para determinar o arranjo físico ideal para uma organização. Fica evidente que é fundamental o Gerente de Produção transformar seu departamento em números que possam ser tabelados e analisados através de técnicas especialmente da área de pesquisa operacional. Com através destes indicadores é possível tomar decisões nos mais diversos assuntos, muitas vezes não relacionados a números.

O trabalho apresentado trouxe uma alternativa de arranjo físico ao processo produtivo da empresa Vedamotors. Nesta proposta a movimentação de materiais é reduzida em até 34% ao mês. Os resultados obtidos foram apresentados à Direção Geral da empresa para inclusão no planejamento estratégico da organização para redução dos custos produtivos. De agora em diante o trabalho passará às etapas seguintes, que são o dimensionamento do custo de modificação de todo o arranjo físico conforme proposto e a mensuração do retorno financeiro sobre o investimento, através do cálculo do *payback*.

Mais do que um trabalho de conclusão do curso de graduação em Engenharia de Produção, este trabalho foi de valiosa contribuição para a assimilação dos conhecimentos adquiridos no decorrer dos cinco anos da graduação e aliá-lo à situações reais, palpáveis a todas as pessoas que atuam na área de Administração da Produção.

REFERÊNCIAS

- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.
- MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA OPERACIONAL, **Biblioteca digital**: O que é Pesquisa Operacional. Disponível em: <<http://www.sobrapo.org.br/sitesobrapo.htm>> Acesso em: 5 de fev. 2009.
- _____. **Técnicas de pesquisa em economia e elaboração de monografias**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002b.