

# A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção

## *Reorganizing the layout as a production optimization strategy*

Gilson Pires da Rosa (UCS – RS /Brasil) - gilsonprosa@gmail.com  
• Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bloco F, Sala 401, Secretaria PPGA, 95070-560, Caxias do Sul-RS  
Tânia Craco (UCS – RS /Brasil) - tcraco@yahoo.com.br  
Zaida Cristiane dos Reis (UCS – RS /Brasil) - zcreis@gmail.com  
Cristine Hermann Nodari (UCS – RS /Brasil) - cristine.nodari@gmail.com

**RESUMO** As organizações estão inseridas em ambientes competitivos que exigem o aprimoramento das práticas na área de manufatura, destacando o arranjo físico como um grande desafio na gestão industrial. Este artigo teve como objetivo demonstrar a importância do layout como uma forma de aumentar a competitividade de organizações. A consolidação teórica partiu dos conceitos de layout, dos diferentes modelos existentes e investimentos associados à minimização de custos. Assim, estabeleceu-se uma compreensão do fluxo produtivo organizacional e a sensibilidade necessária para reflexões sobre a melhoria de processo em uma indústria produtora de cilindros hidráulicos na Serra Gaúcha. A metodologia utilizada foi de um estudo exploratório e descritivo, realizado através de um estudo de caso. Para tanto, a pesquisa contou com dados primários realizados através de entrevistas semiestruturadas e dados secundários coletados a partir de documentos e relatórios organizacionais. O resultado do estudo apontou oportunidades de aperfeiçoamento no fluxo produtivo, propiciando a conquista de maior capacidade de produção e incremento nos lucros para a organização, antecipando o retorno sobre o capital investido no negócio.

**Palavras-chave** Layout. Produtividade. Investimento.

**ABSTRACT** *Organizations are embedded in competitive environments that require the improvement of manufacturing practices, highlighting the physical arrangement as a major challenge in industrial management. This paper aims to demonstrate the importance of layout as a way to increase the competitiveness of organizations. The theoretical concepts of consolidation began with layout, the different existing models and processes required for implementation and adaptation. Thus, we established an understanding of organizational production flow and sensitivity required for reflections on process improvement in a hydraulic cylinder manufacturing industry. The methodology used was an exploratory and descriptive study conducted through a case study. Therefore, the research was conducted using primary data with semi-structured interviews, and secondary data collected from documents and organizational reports. The results of the study indicated opportunities for improvement in the production flow, allowing for greater capacity and increased profits for the organization anticipating the return on capital invested in the business.*

**Keywords** *Layout. Productivity. Investment.*

## 1. INTRODUÇÃO

As organizações estão inseridas em ambientes extremamente dinâmicos e com alto índice de incerteza futuras, nesse contexto é necessário o aperfeiçoamento contínuo de práticas de gestão. Dentro dessa busca em oportunidades de melhorias, o *layout* faz parte integrante da área de manufatura e apresenta um impacto relevante nos custos e na minimização das distâncias para a eficiência operacional (SILVA *et al.*, 2012).

A estruturação do *layout*, conforme Ferreira e Reas (2013) representa uma atividade complexa, apresentando uma longa duração e um elevado custo, devido às grandes dimensões dos equipamentos a serem transferidos.

Erros no projeto de *layout* podem gerar interrupções no fornecimento, levando à insatisfação do consumidor interno e externo, atrasos na produção, propiciando filas e estoques confusos e desnecessários, além de altos custos relacionados à ineficiência da criação de sinergia entre o conjunto do arranjo físico (KANNAN, 2010; SINGH; YILMA, 2013). Os procedimentos de *layout* determinam a forma de organizar o maquinário e departamentos para alcançar a minimização de tempo de produção, a maximização do volume de negócios e maximização da capacidade produtiva. A capacidade de reconfigurar um sistema de produção existente é um fator chave para manter competitividade no ambiente de negócios de produção.

De acordo com Singh e Yilma (2013) estima-se que mais de 250 bilhões de dólares são gastos anualmente nos Estados Unidos para replanejamento de instalações dentro das empresas. Além disso, nesse contexto internacional, entre 20% a 50% dos custos totais de fabricação estão relacionados com o manuseio de materiais e planejamento de instalações eficazes sendo que poderia haver uma redução destes custos para 10 a 30%.

Nesse sentido, o objetivo central deste artigo foi analisar o atual arranjo físico de uma empresa fabricante de cilindros hidráulicos, no contexto brasileiro, buscando o planejamento das melhorias de *layout* necessárias que podem contribuir para maximizar o rendimento dos fatores produtivos, baseado na proposição teórica de Peinado e Graeml (2007). Para atingir esse objetivo foi realizada uma análise identificando a situação atual da organização, no que se refere ao arranjo físico, propondo melhorias e projetando os resultados obtidos com as mudanças evidenciadas, através da análise de cenários, relacionadas à produção e, também, à estratégia de retorno de investimentos.

Além dessa seção introdutória o artigo foi dividido em mais quatro seções e a apresentação das referências bibliográficas no final do estudo. A seção dois trouxe a fundamentação teórica empregada na elaboração do artigo. A seção três apresentou a metodologia empregada para o desenvolvimento da pesquisa. Na seção quatro, elaborou-se os resultados e sua discussão. Por fim, na seção cinco, as considerações finais e na sequência as referências bibliográficas utilizadas no estudo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Carlo *et al.* (2013), a competitividade exige dos profissionais um constante aprimoramento das práticas de manufatura e no aperfeiçoamento da logística, utilizando, assim, ferramentas de integração que proporcionem desempenho mais eficaz, seleção de *layout* mais adequado, entre outros. O posicionamento físico dos recursos de transformação, como homens, máquinas e equipamentos, destaca-se como um dos principais desafios na gestão industrial (FERREIRA; REAES, 2013). Nesse sentido complementam Krajewski *et al.* (2009, p. 259) que os *layouts* afetam o fluxo de trabalho entre os processos em uma organização, assim como suas interligações com outros lugares da cadeia de valor.

Para Rawabdeh e Tahboub (2005) a eficiência do arranjo físico é fundamental nos sistemas de manufatura contemporâneos, pois o planejamento do *layout* é um processo crítico de longo prazo e necessita de investimentos de capital, muitas vezes apresentando gastos elevados. Assim, reorganizar o arranjo físico torna-se um importante desafio industrial, afetando direta ou indiretamente o custo do produto.

Para Drira *et al.* (2007), o arranjo físico ou *layout* de uma indústria tem como objetivo o posicionamento físico dos recursos de transformação e, tratando-se de uma difícil e longa atividade administrativa, reforçam, ainda, que o mau dimensionamento pode resultar em fluxos longos e confusos, prejudicando a produtividade da empresa.

A definição de um *layout* conforme Ferreira e Reaes (2013) para uma planta fabril representa uma atividade complexa e crucial para a viabilidade de uma atividade manufatureira, na economia globalizada. Portanto, o projeto de um novo *layout* necessita ser cuidadosamente planejado, buscando a perfeita harmonia entre os recursos da produção.

A palavra *layout* tem origem na língua inglesa, a terminologia é utilizada em diversas áreas profissionais. No contexto empresarial pode ser definido como arranjo físico, ou seja, a forma como são organizados máquinas, equipamentos, ferramentas, processos e mão de obra nas organizações. Em português a palavra também pode ser encontrada como leiaute, inclusive em dicionários, entretanto, no âmbito empresarial é amplamente utilizada pela expressão *layout* (PEINADO; GRAEML, 2007).

Araujo (2010) descreve que *layout* é o equilíbrio entre pessoas, máquinas, equipamentos e materiais em uma organização, determinado pelos processos e viabilizado pelo planejamento do *layout*.

Assim, de acordo com Krajewski *et al.* (2009), o conceito de arranjo físico é ainda mais amplo e envolve decisões de planejamento do *layout* como: a localização de todas as máquinas, utilidades, estações de trabalho, centros de atividades econômicas, áreas de atendimento ao cliente, áreas de armazenamento de materiais, padrões de fluxo de materiais e todas as áreas de circulação de pessoas.

O dimensionamento do *layout* tem impacto direto na produtividade das organizações, podendo ser utilizado como ferramenta para diminuição dos desperdícios de tempo, gerando redução de custos (KAMARUDDIN *et al.*, 2013). Nesse intuito, Elmaraghy (2006) e Irani e Huang (2006), afirmam que os *layouts* se adaptam rapidamente às necessidades futuras da área de manufatura, seja alterações provenientes do mix de produtos, volume produtivo, quantidade demandada, ciclo de vida mais curtos, e procuram a minimização da distância e maximização produtiva.

Para Oliveira (2011) o correto dimensionamento do *layout* pode contribuir para: a) proporcionar um fluxo de comunicações entre as unidades organizacionais de maneira eficiente, eficaz e efetiva; b) proporcionar melhor utilização da área disponível da empresa; c) tornar o fluxo de trabalho eficiente; d) proporcionar redução da fadiga do funcionário no desempenho da tarefa, incluindo o isolamento contra ruídos; e) ter um clima favorável para o trabalho e o aumento da produtividade.

Ressalta Araújo (2010), que o uso inadequado do *layout* ocasiona: a) retardamento excessivo: a gestão de processos pode demonstrar, uma deficiência na distribuição espacial. O gestor deve perceber na demora um indicador de que algo naquele ambiente precisa ser modificado, que pode ser postos de trabalho, ou deslocamentos de unidades inteiras. A demora acima das expectativas pode propiciar um indicador de falhas no uso do espaço físico. b) má projeção de locais de trabalho: essa é uma deficiência ligada especificamente ao *layout* projetado para os postos ou locais de trabalho. Decorre, muitas vezes, do fato de a projeção ter sido elaborada por pessoal não qualificado ou elaborada segundo a vontade de cada grupo de pessoas destinadas a determinado espaço. c) perda de tempo no deslocamento de uma unidade a outra: aqui se trata de uma forma específica em que os desejos pessoais determinam, criam enormes prejuízos à organização, por causa do lapso de tempo decorrido entre unidades da organização, unidades de uma mesma área ou, com frequência, unidades de várias áreas.

Além disso, corroborando Rawabdeh e Tahboub (2005) destacam que os fatores como o alto custo do capital, a escassez de recursos, a busca pela rentabilidade e a geração de riquezas são preponderantes para que investimentos realizados sejam previamente mensurados exaustivamente, prevenindo fracassos em sua implementação, perdas financeiras e patrimoniais na alteração da produção.

## 2.1. Tipos de *Layout*

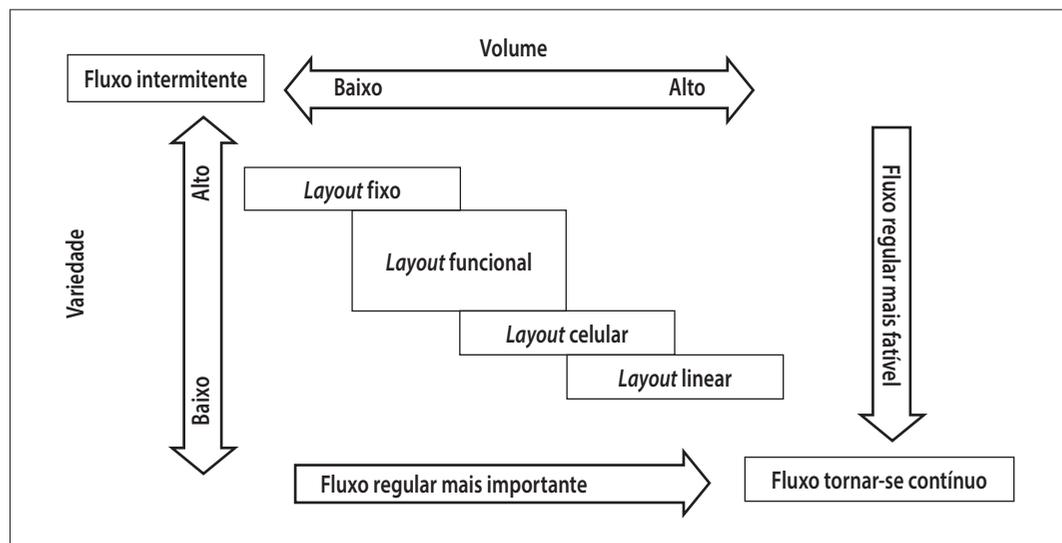
Corrêa e Corrêa (2013) afirmam que a forma básica de *layout* é a forma geral e natural que os recursos produtivos são organizados, entretanto, destacam que qualquer tipo de organização é originado em apenas quatro tipos básicos de arranjo físico: a) posicional; b) por processo; c) celular; e d) por produto.

De acordo com Carlo *et al.* (2013), existem quatro tipos de dispor o *layout*: a) linha de fluxo: as máquinas, equipamentos e estações de trabalho são posicionados de acordo com a sequência de montagem dos produtos. Este modelo de arranjo proporciona alta produtividade, porém, possui elevado custo fixo e pouca flexibilidade para produção ou montagem de produtos diferentes. Exemplo: linha de montagem de eletrodomésticos; b) job shop: o conceito funcional agrupa, na mesma área, todos os processos ou equipamentos do mesmo tipo e função, de modo que os materiais e produtos se desloquem aos processos no momento em que sejam necessários. Neste modelo a produtividade é reduzida, em contrapartida, apresenta menor custo de implementação e maior flexibilidade, podendo atender a demandas inesperadas e menos constantes. Exemplo: a divisão

das áreas de produtos em um supermercado; c) disposição celular: a *layout* celular procura combinar as vantagens encontradas nos arranjos funcional e linear. Baseia-se em dispor as máquinas, equipamentos, processos e mão de obra em um só local, possibilitando a fabricação completa do produto na mesma célula. O material se desloca dentro da célula buscando os processos produtivos necessários para sua fabricação. Exemplo: fabricação de componentes de computadores; d) posição fixa: é o modelo em que o produto permanece no estático durante o processo de produção, os recursos para sua transformação e as operações necessárias se deslocam ao seu redor. Exemplo: construção de um prédio;

A definição do *layout* ideal depende de um planejamento que contemple a avaliação do modelo que apresente a maior afinidade com o produto ou serviço que será desenvolvido. Nesse contexto, Slack *et al.* (2007) desenvolveram uma matriz que associa as características desejadas, como volume e variedade de produtos, com cada modelo de arranjo físico. A Figura 1 ilustra a tendência de escolha do *layout* a partir da definição da variedade e dos volumes esperados para os produtos ou serviços desejados.

Figura 1 – Matriz Volume-Variedade.



Fonte: Baseado em Slack *et al.* (2007).

Complementam nesse ponto Lahmar e Benjaafar (2005) que ao se projetar o planejamento de melhorias de *layout*, deve-se buscar a melhor conjugação: de equipamentos, sejam eles de movimentação, armazenagem, produtivos, que possibilitem o uso adequado da mão de obra, procurando maximizar os fatores produtivos.

O Quadro 1 permite a comparação entre os quatro modelos básicos de arranjo físico, citando suas principais vantagens e desvantagens a partir da consolidação teórica desenvolvida. Apresenta, ainda, as características de cada modelo de *layout*, entretanto, a escolha do modelo ideal está diretamente ligada ao objetivo principal da organização no que diz respeito ao produto ou serviço que será realizado (KAMARUDDIN *et al.*, 2013).

Quadro 1 – Vantagens e Desvantagens dos Modelos de *Layout*.

| Modelo    | Vantagens   | Desvantagens   |
|-----------|---|--|
| Linear    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- baixos custos unitários para altos volumes de produção;</li> <li>- baixa quantidade de estoques de produtos em processamento;</li> <li>- movimentação adequada de materiais.</li> </ul>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- baixa flexibilidade de mix;</li> <li>- trabalho repetitivo, prejudicando a moral e motivação dos colaboradores;</li> <li>- alta dependência entre as atividades, sendo que a falha em uma etapa pode afetar todo o processo.</li> </ul> |
| Funcional | <ul style="list-style-type: none"> <li>- alta flexibilidade de mix e produto;</li> <li>- fácil supervisão de equipamentos e instalações;</li> <li>- facilidade no treinamento, visto que há menor quantidade de funções.</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- baixa utilização de recursos, maior ociosidade;</li> <li>- maior estoque em processo;</li> <li>- menor velocidade de movimentação;</li> <li>- maior número de setup.</li> </ul>   |
| Celular   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- trabalho em grupo incentiva motivação;</li> <li>- equilíbrio entre custo e flexibilidade para operações com alta variedade;</li> <li>- maior facilidade no planejamento e controle da produção.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- possível dificuldade de adaptação dos operadores pela alta variedade de atividades;</li> <li>- alto custo para reconfigurar o arranjo;</li> <li>- reduz níveis de utilização de recursos.</li> </ul>                                    |
| Fixo      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- flexibilidade muito alta de mix e produto;</li> <li>- alta variedade de tarefas para a mão de obra;</li> <li>- produto ou cliente não movido.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- custos unitários muito altos;</li> <li>- programação de atividade ou espaço pode ser complexa;</li> <li>- pode exigir muita movimentação de máquinas e mão de obra.</li> </ul>  |

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2.2. Implementação

A implementação, alteração ou adequação do arranjo físico nas organizações são geralmente definidas pelos níveis estratégico e tático das empresas, tendo em vista que se trata de uma decisão que envolve alto custo e planejamento. Para Peinado e Graeml (2007) as decisões sobre mudança do arranjo físico derivam de diversos motivos, tais como: necessidade de expansão da capacidade produtiva; elevado custo operacional; introdução de nova linha de produtos e; melhoria do ambiente de trabalho.

Peinado e Graeml (2007) ainda destacam os princípios básicos que devem ser analisados para implementação do *layout* nas empresas: segurança: todos os processos que podem gerar risco para os agentes envolvidos não devem estar acessíveis a pessoas não autorizadas. Saídas de emergência devem estar claramente sinalizadas e acessíveis; economia de movimentos: as distâncias percorridas pelos recursos transformados devem ser reduzidas ao máximo; flexibilidade de longo prazo: o *layout* deve ser flexível para mudanças sempre que as necessidades da operação exijam mudanças; princípio da progressividade: o arranjo físico deve ter um fluxo definido e claro a ser percorrido, evitando retornos e caminhos aleatórios; uso do espaço: deve privilegiar o uso adequado do espaço disponível, considerando também a utilização do espaço vertical da área produtiva.

Para a implementação de um projeto de *layout* foram definidas as seguintes etapas: a) levantamento: etapa que se baseia em conhecer as características da empresa, seus colaboradores, matérias primas, produtos, equipamentos e processos utilizados; b) planejamento de soluções: fase dedicada a estudar a forma mais adequada de realizar as modificações, onde são sugeridas as possíveis soluções, identificadas as intervenções físicas e projetadas as melhorias que serão obtidas; c)

crítica ao planejamento: etapa onde as mudanças são realizadas, fase de adaptação ou acomodação das modificações. Como a mudança do *layout* requer um tempo de aceitação pelos colaboradores, essa etapa serve com dupla finalidade, fazendo a transição e permitindo o aprimoramento do planejamento desenvolvido; d) implantação: nesta fase são providenciadas as modificações necessárias para o arranjo físico, envolvendo máquinas, divisões, elevações, determinação dos pontos de energia e água, iluminação, sinalização, equipamentos de proteção de acidentes, sinistros, etc.; e) controle de resultados: etapa onde são levantados todos os dados necessários para o controle do desempenho dos setores, para que possam ser ajustados quando necessários.

A implementação de qualquer variação de *layout* possui dificuldades na efetivação, a principal delas está vinculada à disponibilização de recursos (HEIZER; RENDER, 2011), já que, na maioria dos casos, os recursos em caixa são escassos. Neste caso, a forma mais adequada de viabilizar a implementação do projeto é a realização de um estudo de viabilidade, provando que a empresa terá benefícios com a mudança.

Conforme Gitman (2010) a análise de viabilidade financeira integra as atividades desenvolvidas na produção identificando quais são os benefícios esperados em dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação. O estudo de viabilidade financeira deve comparar o retorno econômico projetado, baseado em dados do estudo de viabilidade de mercado, com alternativas de investimento ou com uma taxa mínima de atratividade esperada para o capital investido.

Outra dificuldade normal é a resistência natural das pessoas às mudanças, tal fato pode ser superado caso a empresa tenha a cultura de se adaptar a elas sempre que necessário. Caso contrário, é importante que os gestores considerem no projeto de implementação a resistência dos agentes e os métodos que serão utilizados para neutralizá-los ou eliminá-los.

Nesse sentido, contextualizando os elementos de fundamentação teórica, o modelo utilizado para o desenvolvimento do presente estudo foi baseado na análise dos cinco modelos de *layout* apresentados por Peinado e Graeml (2007). O Quadro 2 apresenta estes modelos, duas definições e objetivos:

Quadro 2 – Modelos de *Layout*.

| Modelo                      | Definição  | Objetivo   |
|-----------------------------|--|--|
| Linear Ou Produto           | Máquinas posicionadas de acordo com a sequência de montagem dos produtos.            | Proporcionar alta produtividade.   |
| Funcional Ou Processo       | Caracterizado por máquinas com mesma função são agrupadas.                           | Minimizar custos com o fluxo de produtos e recursos no processo.                                     |
| Celular                     | Máquinas, processos e mão de obra no mesmo local.                                    | Localizar os recursos transformadores de acordo com a melhor conveniência.                           |
| Fixo                        | Produto permanece no mesmo local e os recursos e operações se deslocam ao seu redor. | Melhorar a eficiência dos recursos transformadores.  |
| Híbrido, Combinado Ou Misto | Combina as características de dois ou mais modelos citados acima.                    | Consiliar os processos, produtos e máquinas de acordo com as características dos diferentes modelos. |

Fonte: Baseado em Peinado e Graeml (2007).

## 3. MATERIAL E MÉTODO DE PESQUISA

### 3.1. Caracterização da Pesquisa

A estratégia central dessa pesquisa foi de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, com objetivo exploratório e descritivo, desenvolvido por meio de um estudo de caso. Para Yin (2010), Hennink *et al.* (2011), Remler e Van Ryzin (2011), o estudo de caso tem diversos objetivos: fornecimento de descrições, examinar teorias ou produzir novas bases conceituais que possibilitam fundamentar novos modelos e teorias. Trata-se de um estudo detalhado de um ou mais casos, permitindo seu amplo e aprofundado conhecimento. Tendo como objetivo investigar o conhecimento em relação ao problema não suficientemente definido, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses, questões ou desenvolver a teoria.

A questão de pesquisa que norteou o trabalho teve como objetivo geral identificar melhorias no *layout* de uma empresa fabricante de cilindros hidráulicos. Para atingir o objetivo geral, foram realizadas as etapas de identificação da situação atual da organização, no que se refere ao arranjo físico, através de entrevistas semiestruturadas e observação da produção pelos pesquisadores, identificação de melhorias através da consolidação teórica realizada para o estudo, das informações e dados coletados nas entrevistas e documentos da empresa.

Assim, foram realizadas entrevistas individuais em profundidade juntamente com os informantes-chaves, acrescidas pela pesquisa documental, amparado pelos documentos e relatórios disponibilizados pela organização. Dessa forma, foram consolidadas quatro entrevistas com duração de aproximadamente 1h 30min cada. Os cargos dos entrevistados foram diretor financeiro e diretor de operações, um gerente de operações, um gerente de negócios na coleta de informações financeiras e logísticas. No roteiro elaborado, questionou-se informações iniciais a respeito da organização e sua atuação com o micro e macro ambiente. Após procedeu-se na realização de perguntas específicas sobre os temas de estudo relacionadas ao dimensionamento e posicionamento da produção da organização. Além disso, questionou-se sobre o volume de produção, área física e possibilidade de novos investimentos na otimização de processos.

A pesquisa utilizou-se de análise documental, que conforme Yin (2010), Hennink *et al.* (2011) através da identificação e análise desses documentos, serve para corroborar e valorizar as evidências. Assim, foram considerados os documentos disponibilizados pelos gestores da organização estudada. A coleta das informações foi realizada através da verificação dos processos, produtos fabricados, *layout*, análise da capacidade produtiva, maquinário, assim como os demais dados disponíveis da empresa. A análise privilegiou os modelos de *layout* apresentados por Peinado e Graeml (2007) e consolidados no referencial teórico.

O estudo empregou análise de conteúdo, conforme orientações de Bardin (2006), Remler e Van Ryzin (2011), como forma de auxiliar na análise e interpretação dos dados obtidos, para isso as entrevistas foram gravadas e transcritas. Da mesma forma, foi utilizada a observação direta, averiguando *in loco*, na organização, os seus processos, estrutura, e utilizando-se da pesquisa documental, para auxiliar na identificação e análise das informações provenientes da consulta dos documentos disponibilizados, servindo como subsídios e aprofundamento das informações coletadas durante as entrevistas individuais.

A pesquisa foi realizada em uma empresa de cilindros hidráulicos, fundada em 1939 na Alemanha com o objetivo inicial de produzir aparelhos hidráulicos de elevação de carga. Com mais de 70 anos de experiência, a companhia possui um portfólio de produtos composto de componentes

de sistemas para aplicações móveis e estacionárias. A operação no Brasil iniciou em 2004, através da *Joint Venture* formada com uma empresa catarinense. Em 2013, a empresa adquiriu um grupo americano fabricante de cilindros hidráulicos, que entre suas unidades fabris incluía uma unidade em Caxias do Sul, na Serra Gaúcha, que conta com aproximadamente 275 colaboradores, objeto de nosso estudo.

A organização possui 11 centros de produção e distribuidora no mundo, sendo quatro unidades na Alemanha, duas unidades no Brasil e uma unidade na Áustria, Canadá, Estados Unidos, Índia e Polônia. E também apresenta dez escritórios comerciais localizados na África, América, Ásia e Europa, destacando-se como um dos principais fabricantes de equipamentos hidráulicos do mundo.

## 4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

A empresa estudada possui 250 colaboradores envolvidos diretamente na produção de cilindros hidráulicos, dispostos em uma área física de 12.000 m<sup>2</sup>. Baseado no atual composto de produção e as capacidades das máquinas, equipamentos e mão de obra torna-se possível a fabricação de 900 cilindros por dia. A indústria opera em dois turnos de 44 horas semanais.

### 4.1. Apresentação do Problema

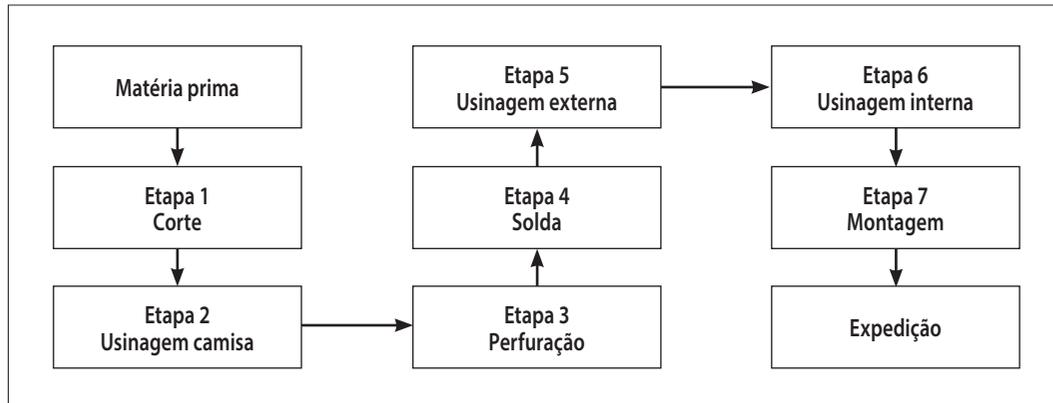
A produção de cilindros hidráulicos exige precisão no dimensionamento das peças e componentes, dessa forma o processo de fabricação é composto, em sua maioria, por etapas mecânicas, onde são usados tornos convencionais e de Controle Numérico Computadorizado (CNC), furadeiras e robôs de solda. Por fim, a montagem dos cilindros ocorre, manualmente, por colaboradores especializados. A Figura 2 apresenta o fluxograma atual de produção de cilindros da empresa.

Conforme ilustrado na Figura 2, após a entrada de matéria prima, o processo produtivo apresentou as seguintes etapas: a) etapa 1: processo de transformação da matéria prima em cilindro é iniciado pelo corte da camisa, que consiste no corpo principal de um cilindro; b) etapa 2: nesta fase ocorre o faceamento da camisa, ou seja, processo em que o torno mecânico usina as extremidades da camisa; c) etapa 3: camisa é enviada para a furadeira, que realiza o furo principal da peça; d) etapa 4: ocorre a união do primeiro componente de formação do cilindro, através da solda da união à camisa, este processo é realizado por um robô; e) etapa 5: após a solda, o corpo do cilindro é levado para o torno convencional para assento externo (usinagem); f) etapa 6: o assento externo da camisa é realizado por um torno CNC, que faz a usinagem interna da camisa; e g) etapa 7: por fim, ocorre a montagem da camisa com os demais componentes do cilindro hidráulico.

Durante o processo de produção de cilindros observou-se que a empresa usa um arranjo físico misto, composto de arranjo físico celular nas etapas 2 e 3, assim como nos processos 5 e 6. Conforme destacam Krajewski *et al.* (2009), uma célula é composta por duas ou mais estações de trabalho distintas, mas localizadas próximas uma da outra, processo em que um número limitado de peças ou modelos é processado por meio de fluxos lineares.

Nas demais etapas do processo produtivo são predominantes o arranjo físico linha de fluxo, que de acordo com Carlo *et al.* (2013) consistem em operações que visam executar tarefas similares, com pequenas variações. Apesar de afetar a variedade de produtos que a empresa pode fabricar, este modelo de *layout* permite a produção em grandes volumes, informação ratificada, também pela entrevista com o gerente de produção.

Figura 2 – Fluxograma de Produção.



Fonte: Dados da empresa.

O diretor financeiro informou que o processo de produção está baseado em um portfólio de produtos que mantém características similares entre si, permitindo a instalação de um *layout* que prioriza a produção em escala, e, por essa razão a capacidade produtiva estaria voltada à produção de volume e não à flexibilidade na variação de produtos.

Nesse contexto, também foi possível identificar através da observação e informações do diretor de operações que a empresa utiliza em seu processo produtivo diversas máquinas e equipamentos com funções específicas de produção, ou seja, não possuem capacidade para executar mais tarefas na produção de cilindros, engessando o fluxo produtivo e inviabilizando a otimização da capacidade produtiva desse maquinário.

Conforme apresentado na Figura 2, o fluxograma de produção possui etapas de corte e perfuração não sequenciais, além de três etapas distintas de usinagem, denominadas, usinagem camisa, usinagem externa e usinagem interna. Essa ação, conforme, evidenciado, pelo gerente de produção e diretor de operações diminui a produtividade da empresa em razão da perda de tempo com movimentação e reorganização de instalação das máquinas.

A produtividade está diretamente ligada à capacidade de produzir com eficiência e, consequentemente à geração de resultado. De acordo com Ramos (2003), produtividade significa a capacidade da empresa de produzir em abundância ou lucratividade, ou seja, pela obtenção da melhor relação entre volume produzido e recursos consumidos. No curso da análise na empresa ainda foi identificada a capacidade dos colaboradores de adaptação frente às mudanças estruturais determinadas pela cultura que é favorecida pela empresa através de incentivos à proposição de melhorias pelos colaboradores.

## 5. ANÁLISE DE RESULTADOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS

Diante das constatações, foi possível identificar oportunidades de melhorias ao atual arranjo físico da companhia, processo que deverá ser facilitado pela característica de rápida adaptação às mudanças pelos colaboradores, conforme evidenciado nas respostas às questões da entrevista semiestruturada por todos os respondentes. Esse elemento torna-se importante, pois conforme destacam Kamaruddin *et al.* (2013) a adaptação dos colaboradores para a mudança na organização da área de trabalho maximiza a eficiência e torna-se essencial para a redução do lead time de fabricação dos produtos e para o controle do processo.

Concluída a análise do atual arranjo físico da empresa, observou-se a oportunidade de aperfeiçoamento das práticas no dimensionamento e posicionamento dos fatores de produção da indústria de cilindros.

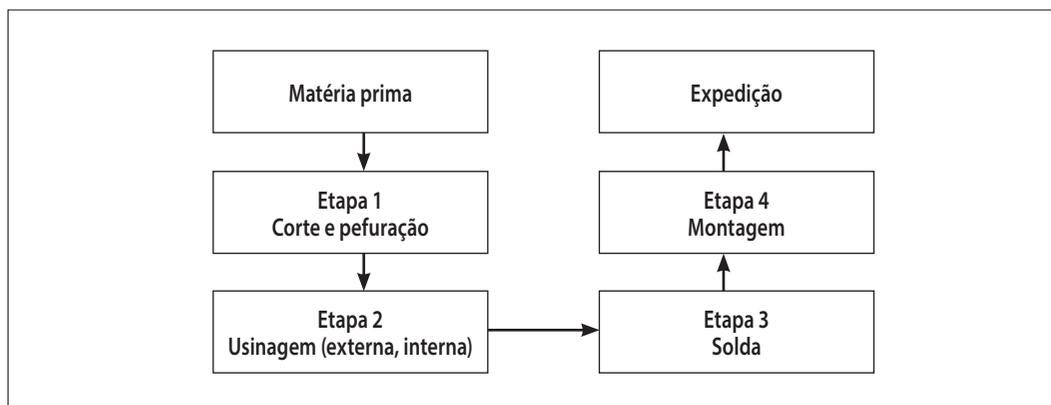
Sendo assim, a seguir serão apresentadas as sugestões observadas durante o presente estudo. Primeiramente, a análise identificou que algumas máquinas e equipamentos utilizados pela empresa apresentam limitada capacidade de flexibilização aos três processos de usinagem que compõem a fabricação de cilindros. Tal limitação gera desperdícios de logística, mão de obra, produtividade na produção, além de onerar os custos de produção.

Dessa forma, a análise permitiu identificar a unificação dos atuais processos de usinagem (etapas 2, 5 e 6) que são realizados por um torno mecânico, um torno convencional e um torno CNC. A consolidação das atividades seria viabilizada pela aquisição de um novo e moderno torno CNC, com maior capacidade de usinagem, abrangendo maiores diâmetros e com tempo de usinagem inferior às antigas tecnologias. Assim, os processos que eram realizados por três máquinas passam a ser realizados por somente um torno CNC.

Concomitante, a pesquisa permitiu identificar o reposicionamento da etapa 3, que consiste na perfuração da camisa (corpo do cilindro), passando a ser realizada após o corte da camisa e antecedendo o processo de usinagem. Dessa forma, o resultado da proposta para o novo arranjo físico da empresa está apresentado na Figura 3, considerando os ajustes apresentados acima.

Com a definição do novo *layout* o processo passou a contar com as seguintes etapas: a) etapa 1: nesta fase a empresa continua realizando o processo de transformação da matéria prima em cilindro através do corte do corpo principal do cilindro, porém, adiciona-se a esta etapa a perfuração do cilindro. Assim a etapa do processo passa a ser realizada no modelo celular de arranjo físico; b) etapa 2: com a aquisição do novo CNC, a empresa passa a estar habilitada para realizar os processos de faceamento da camisa, ou seja, processo em que o torno mecânico usina as extremidades da camisa, bem como a usinagem interna e externa do cilindro em uma só máquina; c) etapa 3: a fase de união do primeiro componente de formação do cilindro, mediante a solda da união à camisa pelo robô de solda continua inalterada, passando a ser realizada após o processo de usinagem; d) etapa 4: a produção é concluída pela montagem da camisa com os demais componentes do cilindro hidráulico.

Figura 3 – Sugestão de Fluxograma de Produção.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A modificação identificada pela pesquisa na empresa, como a antecipação da furação e unificação dos processos de usinagem, possibilitou que o processo produtivo do cilindro fosse reduzido para quatro etapas, sendo composto pela primeira etapa no modelo celular e as demais etapas no conceito linear, caracterizando um processo de produção em modelo misto.

De acordo com as características do novo CNC, bem como o fluxo produtivo, simulou-se um aumento de 6% à produção de cilindros, passando de 900 unidades diárias para 950 unidades. Além disso, a unificação dos processos de usinagem reduzirá a necessidade de mão de obra de operação, sendo que dois colaboradores poderão ser remanejados para outras funções dentro da organização.

Outro benefício que transcende o âmbito econômico é a redução da área física necessária para produção, liberando 35 m<sup>2</sup> para armazenamento de produtos prontos, estoque ou, simplesmente, para melhorar a circulação da empresa.

Na simulação realizada para essa pesquisa, o Quadro 3 apresenta os investimentos necessários para implantação do novo *layout*, assim como os benefícios mensais de aumento da produção e redução da mão de obra.

Baseado nisso, o investimento necessário para a alteração proposta está baseado na aquisição de um novo torno CNC, de procedência chinesa, com custo total aproximado de R\$ 828 mil, com inclusão de todas as despesas de frete, seguro, impostos de nacionalização e demais despesas de instalação. Em contrapartida, haverá substituição das máquinas utilizadas atualmente pela empresa, com isso, se espera que a venda dos três tornos possa ser realizada por aproximadamente R\$ 80 mil, gerando uma redução no saldo a investir de R\$ 828 mil para R\$ 748 mil.

Quadro 3 – Investimento necessário e benefícios obtidos, com venda de 100% da produção adicional.

| Cenário 1 – Venda 100% da Produção Adicional   |                   |
|--|-------------------|
| Equipamentos                                   | Valor             |
| Compra CNC                                     | -R\$ 828.000,00   |
| Vendas Usados                                  | 80.000,00         |
| Saldo  | -R\$ 748.000,00   |
| Quantidade Produzida                           | Unidades (mensal) |
| Atual  | 19.800            |
| Nova   | 20.900            |
| Benefício novo <i>layout</i>                   | 1.100             |
| Item   | Valor             |
| Preço Cilindro                                 | R\$ 1.000,00      |
| Margem Líquida Unit. (6%)                      | R\$ 60,00         |
| Receita Adicional/Mensal                       | R\$ 1.100.000,00  |
| Benefício Mensal                               | Valor             |
| Receita Adicional Cilindros                    | R\$ 66.000,00     |
| Redução Mão De Obra no setor por Remanejamento | R\$ 7.600,00      |
| Total  | R\$ 73.600,00     |

Fonte: Elaborado pelos autores.

A projeção dos fluxos de caixa entre o investimento na aquisição do torno CNC (saída de caixa), contra a venda das máquinas antigas, margem líquida adicional e redução da folha salarial (entradas de caixa) mostra que o *payback* poderá ser obtido em 10,2 meses. Para Santos (2010) o *payback* expressa o prazo de retorno do investimento inicial, ou seja, o período de tempo necessário para que as entradas de caixa geradas em um determinado período se equilibrem com o investimento realizado. Santos (2010) ainda ressalta que não há prazo determinado para retorno dos investimentos, entretanto, sinaliza que as empresas devem definir qual é a sua Taxa Mínima de Atratividade (TMA), também conhecida como custo de oportunidade, que consiste na comparação da rentabilidade obtida com o investimento em relação a aplicações de baixo risco encontradas no mercado financeiro. Neste caso, o retorno do investimento está sendo realizado em menos de um ano, o que caracteriza o retorno de 100% do capital investido em 10,2 meses, ou seja, acima de qualquer retorno oferecido em aplicações de baixo risco. Conforme ressaltam, Singh e Yilma (2013) quando se pretende realizar uma ação de investimento na reorganização de arranjos envolvendo, principalmente, capital imobilizado, o benefício do retorno precisa ir além do que se apresenta uma aplicação no mercado.

Tendo em vista que o mercado consumidor poderá sofrer reduções na demanda nos próximos meses, também foi realizada uma projeção considerando a venda de apenas 50%. O Quadro 4, apresentada a seguir, ilustra esse benefício.

Quadro 4 – Investimento necessário e benefícios obtidos com venda de 50% da produção adicional.

| <b>Cenário 2 – Venda 50% da Produção Adicional</b> |                          |
|--|--------------------------|
| <b>Equipamentos</b>                                | <b>Valor</b>             |
| Compra CNC   | -R\$ 828.000,00          |
| Vendas Usados                                      | 80.000,00                |
| Saldo  | -R\$ 748.000,00          |
| <b>Quantidade Produzida</b>                        | <b>Unidades (mensal)</b> |
| Atual  | 19.800                   |
| Nova   | 20.900                   |
| Benefício novo <i>layout</i>                       | 1.100                    |
| <b>Item</b>  | <b>Valor</b>             |
| Preço Cilindro                                     | R\$ 1.000,00             |
| Margem Líquida Unit. (6%)                          | R\$ 60,00                |
| Receita Adicional/Mensal                           | R\$ 550.000,00           |
| <b>Benefício Mensal</b>                            | <b>Valor</b>             |
| Receita Adicional Cilindros                        | R\$ 33.000,00            |
| Redução Mão De Obra                                | R\$ 7.600,00             |
| <b>Total</b>                                       | <b>R\$ 40.600,00</b>     |

Fonte: Elaborado pelos autores.

No cenário 2, que projeta a venda reduzida de 50% da produção adicional, o retorno sobre o investimento realizado se dará em 18,4 meses, período superior ao cenário anterior, entretanto, continua registrando Taxa Interna de Retorno (TIR) de aproximadamente 60% ao ano, conforme apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Taxa Interna de Retorno do Cenário 2.

| Período | Valor           |
|---------|-----------------|
| Ano 0   | -R\$ 748.000,00 |
| Ano 1   | -R\$ 260.800    |
| Ano 2   | R\$ 226.400     |
| TIR     | 60%             |

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com Santos (2010) a TIR representa o retorno percentual obtido sobre o investimento realizado e não recuperado, que matematicamente pode ser descrito como a taxa de juros que iguala o valor das entradas de caixa com o valor das saídas, ou seja, a taxa de desconto que aplicada a um fluxo de caixa faz com que o valor as despesas se igualem ao valor do investimento realizado.

Retomando Silva *et al.* (2012) a reorganização do *layout* tem que ser capaz de gerar um impacto relevante nos custos e na eficiência operacional. Concomitante, Heizer e Render (2011) destacam que deve haver uma disponibilidade de recursos e que para tanto, são necessárias avaliações que visem o retorno de um possível investimento, conforme Sinh e Yilma (2013). Sendo assim, acredita-se que a proposta de mudança do *layout*, com a proposição do investimento do torno que unificará diferentes ações do processo produtivo proporcionará benefícios de eficiência operacional, relacionadas aos colaboradores, otimização da área espacial. Destaca-se ainda os benefícios associados ao aumento da geração de caixa, explanados a partir da avaliação de cenários do investimento consolidado melhorando a competitividade e apresentação da empresa no atual cenário econômico.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os esforços dispendidos para aprimorar a produtividade e reduzir custos se tornam cada vez mais desafiadores e necessários, exigindo que as empresas encontrem recursos internos de melhorias. Dessa forma, os estudos acerca do posicionamento físico dos recursos de transformação são essenciais na redução e otimização dos processos no ambiente industrial.

O objetivo do presente trabalho foi identificar o atual *layout* e propor um novo redimensionamento do arranjo físico da empresa de cilindros hidráulicos, visando à obtenção de vantagem competitiva para a empresa, através de uma análise de investimento. A análise bibliográfica sobre os conceitos de *layout* e arranjo físico possibilitou um amplo aprendizado, assim como uma visão crítica da estrutura de produção utilizada, atualmente, pela empresa.

O modelo escolhido para o desenvolvimento do estudo está baseado nos conceitos apresentados por Peinado e Graeml (2007), que descrevem os cinco modelos de *layout*, bem como suas características, vantagens, desvantagens e métodos de implementação.

Com base no levantamento realizado, se observou que os cilindros produzidos seguem um padrão que permite a produção em escala com poucas variações de modelos, tamanhos e componentes, permitindo assim a produção em maiores volumes com baixos custos unitários, característica marcante do modelo de arranjo físico linear.

Por outro lado, foram observadas práticas que prejudicam a produtividade e aumentam os custos de produção, como a diversidade de máquinas para realizar tarefas similares e, consequentemente, a movimentação desnecessária de peças, componentes e colaboradores.

A sugestão apresentada agrega o investimento de um novo torno CNC, que irá substituir três outras máquinas de menor capacidade e funções de usinagem, permitindo assim a reorganização do *layout* da empresa. A sugestão ainda é composta pela alteração da ordem do fluxo de produção, antecipando o processo de furação junto ao processo de corte da camisa e antecedendo o processo de usinagem.

Conforme análise de viabilidade realizada, foi constatado que os benefícios gerados pelas alterações podem apresentar um *payback* de 10 meses, caso a empresa comercialize todas as unidades adicionais que as mudanças do arranjo físico permitirão produzir. No cenário conservador, em que as vendas atinjam apenas 50% do volume adicional produzido, o retorno do investimento será obtido no décimo oitavo mês após o início do novo *layout*.

Como contribuição da pesquisa destaca-se como real ganho estratégico o aumento da velocidade e agilidade nos processos, o que conforme Slack *et al.* (2007), Krajewsk *et al.* (2009), Carlo *et al.* (2013), Ferreira e Reaes (2013) são vantagens competitivas que afetam os resultados financeiros da organização, pois ao agilizar e melhorar a velocidade do processo consequentemente, entregará cumprindo os prazos, melhorando a eficiência e a *performance* do negócio, assim como pode ser associado as vantagens competitivas da confiabilidade por entregas pontuais, da qualidade pelos resultados do investimento em um equipamento de melhor desempenho (CNC) e dos custos pelas reduções apresentadas na análise financeira.

Por fim, ressaltam-se as limitações do estudo, relacionadas à aplicabilidade em um estudo de caso, determinando que as informações evidenciadas, ficam condicionadas ao ambiente em que foram coletadas. Ao mesmo tempo, isso propicia oportunidade de estudo comparativo da metodologia empregada em outras indústrias, de diferentes segmentos e dimensões. Além disso, ressalta-se como oportunidade de trabalho futuro a análise pós – implantação das alterações, identificando, assim, informações de estudo anteriores e posteriores à melhoria sugerida pela análise de investimento.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, L. C. G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional:** arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa Edições 70. Lisboa, 2006.
- CARLO, F. D.; ARLEO, M. A.; BORGIA, O.; TUCCI, M. Layout design for a low capacity manufacturing line: a case study. **International Journal of Engineering Business Management Special Issue on Innovations in Fashion Industry**, v.5, n. 35, p. 1-10, 2013.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações.** 2. Ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2013.
- DRIRA, A.; PIERREVAL, H.; HAJRI-GABOUJ, S. Facility layout problems: A survey. **Annual Reviews in Control**, v. 31, n. 2, p. 255–267, 2007.
- ELMARAGHY, H. A. Flexible and reconfigurable manufacturing systems. **Internacional Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 17, n. 4, p. 261-276, 2006.
- FERREIRA, J.C.E; REAES, P.A. Performance comparison of the virtual cell layout with cellular and job shop configurations using simulation and design of experiments. *In: 9th IEEE International Conference on Automation Science and Engineering. IEE CASE*, Madison, Wisconsin, EUA: IEEE Robotics and Automation Society, p.795-800, 2013.

- GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 12ª ed. São Paulo: Harbra, 2010.
- HEIZER, J.; RENDER, B. **Principles of Operations Management**. 8ª ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011.
- HENNINK, M.; HUTTER, I.; BAILEY, A. **Qualitative Research Methods**. Ed. Sage Publications, 2011.
- IRANI, S. A.; HUANG, H. Cascading flow lines and layout modules: practical strategies for machine duplication in facility layouts. **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 17, n.2, p. 119-149, 2006.
- KAMARUDDIN, S.; KHAN, A. Z.; SIDDIQUEE, A. N.; WONG, Y. S. The impact of variety of orders and different number of workers on production scheduling performance: A simulation approach. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24 n. 8, p.1123- 1142, 2013.
- KANNAN, V. R. Analyzing the Trade-off Between Efficiency and Flexibility in Cellular Manufacturing Systems. **Production Planning & Control**, v. 9, n.4, p. 572-579, 2010.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHORTA, M. K. **Administração de produções e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- LAHMAR, M.; BENJAAFAR, S. Design of distributes layouts. **IIE Transactions**, v. 37, n.4, p.303-38, 2005.
- OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem regencial**. 20. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.
- RAMOS, A. N. **Produtividade**. Lisboa: AEP, 2003.
- RAWABDEH, I.; TAHBOUB, K. A new heuristic approach for a computer-aided facility layout. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.17, n.7, p. 962- 986, 2005.
- REMLER, D.K.; VAN RYZIN, G.G. **Research Methods in Practice: Strategies for Description and Causation**. Ed. Sage Publications, 2011.
- SANTOS, E. O. dos. **Administração Financeira da Pequena e Média Empresa**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- SILVA C. S.; MORAIS, M. C.; FERNANDES, F. A. A practical methodology for cellular manufacturing systems design - An industrial study. **Transaction on Control and Mechanical Systems**, v. 2, n.4, p. 198- 211, 2012.
- SINGH, A. P.; YILMA, M. Production floor layout using systematic layout planning in Can manufacturing company. *In: IEEE International Conference on Control, Decision and Information Technologies*. **CoDIT**, Hammamet, Tunisia: p. 822 – 828, 2013.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARRISON A.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. 5th ed. Trans-Atlantic Publications, 2007.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.