

PROPOSTA DE MELHORIA DO *LAYOUT* DE UM ARMAZÉM DE MATERIAIS DIRETOS DE UMA EMPRESA DE FERRAMENTAS MOTORIZADAS

Estella Langmantel Gonçalves (UFRGS)

estella.lang@gmail.com

Ricardo Augusto Cassel (UFRGS)

cassel@producao.ufrgs.br

Resumo

A armazenagem é uma atividade importante dentro da cadeia logística das empresas, englobando o recebimento dos materiais, estocagem e distribuição da matéria prima dentro das fábricas. Implementar um layout eficiente para as movimentações e recursos, aliado a um endereçamento de materiais, pode trazer diversos benefícios para a empresa, como redução de custos, melhoria na qualidade dos serviços prestados e aumento da capacidade do armazém. O grande desafio das empresas é entender a crescente complexidade operacional da logística moderna e o seu potencial de diferenciação estratégica. Nesse contexto, o objetivo deste estudo é analisar três alternativas de layout de um Armazém de materiais diretos de uma empresa alemã, localizada no Rio Grande do Sul. Posteriormente, propor o endereçamento de materiais. Para isto, foi realizada uma pesquisa-ação com abordagem qualitativa, onde primeiro foi aplicado o método de tomada de decisão com múltiplos critérios, o AHP (Analytic Hierarchy Process), para escolha do layout, e em seguida foi aplicado o método ABC de acordo com o volume de movimentação para a definição do endereçamento de materiais. As análises demonstram a escolha do layout 3, o qual é mais eficiente e com maior capacidade, e o passo a passo para a definição do endereçamento dos materiais, assim como a sua operacionalização através da utilização do WMS (Warehouse Management System).

Palavras chave: Armazenagem, Layout, Endereçamento de materiais.

1. INTRODUÇÃO

Na era da competitividade global, Motta (1995) afirma que o grande desafio das empresas está centrado na capacidade de busca de novas tecnologias, novos mercados e novos métodos de gerenciamento; ou do redesenho dos processos de negócio, e de integração total das cadeias de valor da empresa, clientes e fornecedores. Nesse sentido, as empresas devem ser capazes de se reconfigurar constantemente através de projetos de melhoria, que tenham como objetivo a redução de custos, a otimização dos recursos e a adequação da produção à demanda do mercado.

Nesse cenário, a importância da análise do *layout* em uma empresa aumentou tanto que chega a se igualar com a relevância da estratégia de vendas utilizada. Isso se deve ao fato de que, quando a implantação adequada de *layout* é realizada, podem haver economias em diversos aspectos, seja devido à distribuição dos instrumentos de trabalho, dos pontos de armazenamento ou ao fator humano envolvido (HUDSON e HADDAD, 2014). Por outro lado, destaca-se a representatividade da logística interna nas empresas, a qual Porter (1989) define como as atividades associadas ao recebimento, armazenamento e distribuição de insumos no produto, como manuseio de material, armazenagem, controle de estoque, programação de frotas e veículos e devolução para fornecedores.

Ballou (1993) ressalta que o papel da armazenagem em depósitos está relacionado ao aumento da eficiência do transporte, redução nos custos de estocagem e melhoria no nível de serviço, a fim de satisfazer as necessidades dos consumidores. Nesse contexto, Raiter (2012) afirma que otimizar o *layout* de um armazém pode ser capaz de gerar diferenciais competitivos, nos quais as empresas podem se basear para obter vantagens mercadológicas importantes para seus resultados finais. Por outro lado, observando a consideração do *layout* como a movimentação de recursos transformadores (mão-de-obra e equipamentos) e recursos a serem transformados (materiais), é possível relacioná-lo ao conceito de Movimentação e Armazenagem de Materiais - MAM, que não se restringe somente à movimentação de materiais, mas também dos recursos que estão envolvidos na concepção de um produto: equipamentos e pessoas (MOURA, 2005).

Queirolo et al. (2002) enfatizam que, para que os objetivos do estoque sejam atingidos, é necessário maximizar o uso do espaço; otimizar a utilização dos equipamentos e da mão de obra; aumentar a acessibilidade aos materiais; e prover segurança a todos os itens. Entretanto, mesmo com o conhecimento dos objetivos do *layout* de um armazém, as empresas têm dificuldade com a configuração estrutural pela variedade de produtos armazenados, pelo aumento da demanda, e pelas oportunidades mercadológicas e tecnológicas. Assim, a definição de um *layout* otimizado é essencial para que a logística interna seja eficiente, reduzindo custos e tornando as empresas mais competitivas no mercado.

Dessa forma, este artigo propõe-se a analisar três alternativas de melhoria do *layout* atual de um Armazém Central de matérias-primas e componentes de uma empresa de Ferramentas Motorizadas, localizada em São Leopoldo, Rio Grande do Sul. Os *layouts* serão estudados considerando a otimização das movimentações dos recursos; a necessidade de aumento da capacidade de armazenagem e da implantação de inovações tecnológicas; e o investimento necessário para a reestruturação. Após a seleção do *layout* futuro, será proposto o endereçamento dos materiais do Armazém.

A importância desse estudo está diretamente ligada à crescente complexidade operacional da logística moderna e o seu potencial de diferenciação estratégica. Desse modo, serão apresentados os principais pilares que norteiam a redução da movimentação em um armazém e as possibilidades de aumento da capacidade de armazenagem através dos parâmetros considerados na seleção de um *layout* otimizado.

Este artigo inicia com a seção 2, o Referencial Teórico, o qual aborda os conceitos de *layout*, logística interna e armazenagem. Em seguida, apresenta-se a Metodologia utilizada para análise e seleção do *layout* futuro e para a configuração do endereçamento dos materiais. Na seção 4, serão expostos os resultados alcançados decorrentes do trabalho desenvolvido e, por fim, serão relatadas as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Logística

De acordo com Wood Junior e Zuffo (1998), a logística “ganha uma nova dimensão, envolvendo a integração de todas as atividades ao longo da cadeia de valores: da geração de matérias-primas ao serviço ao cliente final, deixando de ter um enfoque operacional para adquirir um caráter estratégico”. Já para Moura e Banzato (1997), a Logística é um sistema que inter-relaciona diversos segmentos e setores, buscando entregar a quantidade correta das mercadorias solicitadas no lugar e no tempo certo, levando em conta as condições e o custo mínimo.

Segundo Bowersox e Closs (2001), dentro de uma empresa, a logística é considerada como o principal fator que contribui para o processo de criação de valor para o cliente com o menor custo total possível. Ela é responsável também por satisfazer as necessidades do cliente, facilitando as operações relevantes de produção e marketing, tornando-se assim, uma base para a obtenção de vantagens estratégicas. Além disso, de acordo com Rodrigues et al. (2015), as empresas buscam através da logística uma inovação na qualidade de serviços, satisfação do cliente e conseqüentemente, vantagens competitivas e maior flexibilidade na gestão empresarial.

Coimbra (2001) afirma que a logística interna é diretamente responsável pela cadeia de valor da empresa quando procura otimizar os processos inerentes às atividades, tais como a infraestrutura do *layout* de distribuição interna da empresa e sistemas de informação; desenvolvimento de tecnologias de aquisição e atividades primárias de apoio; e entrega dos produtos nos locais de utilização; para que o produto final saia no tempo correto, com a qualidade ideal, utilizando o mínimo de recursos possíveis.

Ainda segundo Coimbra (2001), mesmo quando ligadas a conceitos de planejamento divergentes, como MRP/ERP (Manufacturing Resources Planning/ Enterprise Resource Planning) e *lean manufacturing*, a logística é uma atividade que pode se tornar o ponto crítico ou gargalo, haja visto que diversos fatores, como o bom relacionamento com fornecedores e as entregas no prazo correto, poderiam estar afetando a produção de forma a desestabilizar a cadência produtiva e gerar atrasos de entregas, ociosidades e descompassos de mão-de-obra. Sendo assim, a

eficiência dos processos da logística interna é vital para um bom desempenho de produção e redução de custos nas empresas.

2.2 Armazenagem

Segundo Moura (1998), armazenagem é uma função da logística que trata dos materiais no intervalo entre a produção e sua venda. É uma denominação que inclui todas as atividades realizadas no local onde os materiais são guardados temporariamente e, posteriormente, distribuídos. Este local pode ser um depósito, um almoxarifado, um centro de distribuição, entre outros. Por outro lado, de acordo com Rodrigues (2003, p. 59), a definição de armazenagem é: gerenciar eficazmente o espaço tridimensional de um local adequado e seguro, colocado à disposição para a guarda de mercadorias, que serão movimentadas rápidas e facilmente, com técnicas compatíveis às suas respectivas características, de forma a preservar a sua integridade física.

Viana (2000) afirma que a armazenagem compreende: verificação das condições pelas quais o material foi recebido, no tocante à proteção e embalagem; identificação dos materiais; guarda na localização adequada; informação da localização física de guarda ao controle; verificação periódica das condições de proteção e armazenamento; separação para distribuição. Já na visão de Santos (2005), a armazenagem é uma operação que não acrescenta valor ao produto, mas aumenta o seu custo, fazendo com que mereça um planejamento específico, já que condições impróprias de materiais geram desperdícios, devido à dificuldade de acesso, controle de estoque, entre outros.

Faber et al. (2013) afirmam que em dias atuais, os armazéns logísticos são muito importantes para o sucesso do negócio, afinal, eles têm um papel crítico e intermediário entre os membros da cadeia de suprimentos, afetando os custos e serviços. Neste cenário, pode-se afirmar que a gestão da armazenagem corresponde a uma das principais atividades executadas pela logística, compreendida como a gestão do espaço físico necessário para manter um estoque de mercadorias, englobando o arranjo físico (*layout*) e o controle da operação (RODRIGUES, 2011). Esta área é também responsável pela gestão da área de *picking* e realização do endereçamento dos produtos, minimizando o tempo de

procura e movimentação tanto no recebimento como na expedição dos materiais (ACCORSI et al., 2012).

Um fator que agrega maior complexidade a estas operações é o aumento contínuo do número de itens em estoque, *stock keeping units* (SKUs), em virtude das variações das características físicas do produto, como o tamanho das embalagens ou ainda a diversificação de modelos. Evidentemente, quanto maior a variedade dos itens, maior a necessidade de espaço e/ou melhor utilização e organização dos recursos disponíveis (GU et al., 2007). Dessa forma, o processo de otimização da armazenagem deve ser contínuo dentro dos armazéns, de forma que todas as restrições sejam consideradas.

As dificuldades encontradas para melhorar o processo de armazenagem podem ser superadas por uma gestão eficiente, já que, segundo Ballou (2006), a armazenagem executada e controlada de forma adequada contribui com a redução dos custos de transporte e produção; coordenação da oferta e demanda; suporte ao processo de produção; e colaboração com o processo de comercialização, minimizando os custos operacionais e maximizando a lucratividade da empresa.

2.2.1 Endereçamento

Banzato et al (2003, p.165) afirma que: “Bem como o projeto de um armazém, não se pode considerar a análise apenas do fluxo de materiais, principalmente nos dias de hoje, em que a qualidade e velocidade das informações fazem grande diferença na eficácia dos mais diversos sistemas logísticos. Portanto, num projeto de armazém deve-se dar atenção especial ao fluxo de informações e à tecnologia disponível atualmente para se utilizar da melhor forma estas informações”.

Para gerenciar todas as informações de um Armazém, é recomendado a utilização do WMS (Warehouse Management Systems), que, segundo Banzato (2005) “é um sistema de gestão de armazém, que otimiza todas as atividades operacionais (fluxo de materiais) e administrativas (fluxo de informações) dentro do processo de Armazenagem, incluindo recebimento, inspeção, endereçamento, estocagem, separação, embalagem, carregamento, expedição, emissão de documentos, inventário, entre outras”. Aliado a isso, Rodrigues (2011) destaca que o sistema ERP (Enterprise Resources Planning) gerencia todas as operações e

funções administrativas da organização em um sistema integrado, e junto com o WMS, gerenciam o fluxo de informações em todo armazém.

Uma das soluções que o ERP, aliado ao WMS, proporciona para uma gestão eficiente de Armazéns é o endereçamento dos materiais, que, de acordo com Dias (2012), tem como objetivo estabelecer os princípios necessários à perfeita identificação da localização dos materiais estocados. A utilização correta de um sistema de codificação de posicionamento de produto estocado facilita a localização, as operações de movimentação e o inventário. Com o produto codificado, têm-se todas as informações do mesmo através de números e/ou letras, sendo a chave para a rápida identificação do produto, das quantidades e do fornecedor.

Existem dois sistemas de endereços, fixos e variáveis. O Sistema de endereços fixos designa uma determinada localização para cada produto; porém, sua principal desvantagem é a possibilidade de gerar espaços ociosos. Já o Sistema de endereços variáveis, um mesmo item pode ficar armazenado em diferentes endereços dentro do armazém, garantindo a diminuição de espaços ociosos. Este último é mais popular em sistemas de manuseio e armazenagem automatizados, que exigem um mínimo de mão-de-obra (BALLOU,1993).

Para operacionalizar o endereçamento dos materiais, será utilizada a classificação ABC, a qual é um método que utiliza o princípio de Pareto para classificação dos itens em três classes: A, B e C (BLACKSTONE e COX, 2008). Inicia-se listando todos os itens em ordem decrescente de demanda, volumes ou valores, categorizando-os em classes conforme sua representatividade (SILVER et al., 1998). Os itens A representam em média 20% da quantidade, porém correspondem a 80% do critério escolhido. Itens B representam, em média, 30% da quantidade e 15% do critério, e os itens C representam 50% dos itens e apenas 5% do critério (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004).

2.3 Layout

O *layout* de um armazém é um ponto crítico que impacta diretamente no desempenho deste, e, por isso, deve fazer parte da concepção do projeto, sendo planejado desde o início do processo de planejamento. Segundo Gu et al. (2010) o projeto de um armazém contempla cinco decisões principais, sendo elas:

- Estrutura geral – determina o padrão de fluxo de material dentro do armazém, a especificação dos departamentos funcionais e a relação entre o fluxo e os departamentos;
 - Dimensionamento – define o tamanho e a dimensão do depósito;
 - Definição do *layout* – trata-se da configuração detalhada do armazém, por exemplo, especificar o padrão do empilhamento de racks na área de estocagem;
 - Seleção de equipamentos – determina o nível de automação apropriado para o armazém e identifica os tipos de equipamentos que serão utilizados para armazenamento, transporte e separação de pedidos;
 - Decisão da estratégia operacional – está relacionada com a escolha da maneira como o local será operado.

Owen e Daskin (1998), em sua pesquisa de revisão teórica, tratam a decisão de localização como crítica no planejamento estratégico, podendo impactar nos custos logísticos e operacionais. É uma decisão estática, que perdurará junto com a vida da organização. Ou seja, o processo de decisão do *layout* deve ser cuidadosamente estruturado, pois terá influência direta na eficiência da operação posteriormente.

Para Tompkins et al. (1996) o *layout* considerado ideal é aquele que procura diminuir a distância total percorrida com uma movimentação eficiente entre os materiais, com a maior flexibilidade possível e com custos de armazenagem minimizados. O autor cita ainda algumas regras básicas que devem ser consideradas para que a otimização do *layout* do armazém seja possível, e são elas:

- Estocar os materiais de maior movimentação em locais de acesso fácil e rápido, garantindo economia de tempo e de operação;
- Buscar concentrar os materiais de uma única classe em locais adjacentes, com a finalidade de facilitar as atividades de movimentação;
- Organizar os estoques com o mesmo tipo de material, levando em conta a data de recebimento de cada um deles, garantindo que os itens armazenados a mais tempo, sejam fornecidos antes (critério de operação FIFO First in First out – primeiro produto a entrar no estoque será o primeiro produto a sair);

- Material pesado ou volumoso deve ser armazenado nas partes inferiores das unidades de armazenagem, eliminando desta forma os riscos de acidentes ou avarias, além de facilitar as ações de movimentação;
- Dispor de forma correta os materiais, permitindo uma leitura rápida e fácil das informações registradas nas etiquetas de identificação dos materiais;
- Observar com rigor a capacidade de carga dos pisos e das unidades de estocagem.

Neste sentido, os objetivos ao se melhorar o *layout* poderiam ser enumerados como sendo (KRAJEWSKI E RITZMAN, 1998): melhorar a utilização do espaço disponível, diminuindo a quantidade de material em processo, minimizando as distâncias de movimentação de materiais e pessoas, e racionalizando a disposição das seções; aumentar a satisfação, segurança e a moral do trabalho, ordenando e limpando os ambientes; incrementar a produção, racionalizando o fluxo; reduzir o manuseio e a movimentação no processo produtivo; reduzir o tempo de manufatura, diminuindo esperas e distâncias; reduzir os custos indiretos, diminuindo os congestionamentos, manuseio e danos aos materiais; e manter a flexibilidade das operações.

Apesar do problema de *layout* de armazéns ser um tema de relevância prática, a literatura sobre sistemáticas para a avaliação das alternativas de *layout* é limitada. Isso deve-se a necessidade de se considerar vários objetivos e pontos de vistas simultaneamente, sendo eles geralmente conflitantes entre si. Por isso, o processo de decisão deve ser orientado por uma análise com métodos multicriteriais para apoiar o analista na escolha das alternativas. A análise multicriterial guia o processo de escolha, ordenação ou classificação das ações potenciais. Além disso, busca incorporar múltiplos aspectos nesse processo, ao invés dos métodos unicriteriais da Pesquisa Operacional tradicional (MORAIS; ALMEIDA, 2002).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Caracterização do método de pesquisa

O presente artigo possui natureza de pesquisa aplicada, que, de acordo com Barros e Leheld (2000, p. 78) possui como objetivo contribuir para fins práticos, visando à solução mais ou menos imediata do problema encontrado na realidade.

Quanto a abordagem, caracteriza-se como qualitativa. Segundo Richardson (1999), a metodologia qualitativa descreve a complexidade de determinado problema, analisa a interação de certas variáveis, compreende e classifica processos dinâmicos vividos por grupos sociais. Optou-se pela utilização do método qualitativo para que a solução encontrada considere as restrições do processo atual, tornando-a mais fidedigna.

Este artigo baseia-se na elaboração de uma pesquisa-ação do estudo de melhoria do *layout* e do endereçamento de materiais de um armazém de materiais diretos. De acordo com Tripp (2005), pesquisa-ação é uma forma de investigação-ação que utiliza técnicas de pesquisa consagradas para informar a ação que se decide tomar para melhorar a prática. Ou seja, esse procedimento proporciona características tanto da prática rotineira quanto da pesquisa científica.

3.2 Caracterização do método de trabalho

Este estudo foi realizado em duas partes: i) primeiramente estava focado em redefinir o *layout* do Armazém, com o objetivo de aumentar a capacidade de armazenagem deste; ii) em seguida, foi realizado o endereçamento dos materiais do *layout* proposto, com o objetivo de tornar o processo eficiente.

3.2.1 Análise do *layout*

Para realizar a análise do *layout*, serão estudados três *layouts* propostos pela empresa, comparando-os em relação ao aumento da capacidade de armazenagem; investimento necessário; e fluxo de materiais, pessoas e informações. O estudo englobará todo o prédio do Armazém e suas instalações, considerando as restrições estruturais e os recursos disponíveis.

Para realizar a escolha do *layout*, será utilizado o método AHP (Analytic Hierarchy Process), que, segundo Saaty (1991), criador do método, este “reflete o que parece ser um método natural de funcionamento da mente humana. Ao defrontar-se com um grande número de elementos, controláveis ou não, que abrangem uma situação complexa, ela os agrega em grupos, segundo propriedades comuns.”. O método fundamenta-se na comparação de diversas características, duas a duas, identificando a importância de uma característica sobre a outra. Dessa forma, o método possibilita mensurar os dados qualitativos e quantitativos, como

capacidade de armazenagem, investimento e fluxo operacional; resultando na melhor opção para dada realidade.

A escolha do método AHP para este estudo deve-se ao fato de ser um método para tomada de decisão com múltiplos critérios. O problema de decisão na escolha do novo *layout* considera a avaliação de três alternativas de *layout* e três atributos em cada uma, tratando-se de um caso de decisão por análise multicritério. Embora outros métodos científicos sejam também eficientes e aplicáveis, não fazem parte do escopo deste trabalho. Para Tortorella & Fogliatto (2008), o AHP é uma das ferramentas de apoio ao processo decisório de múltiplos critérios com maior número de aplicações práticas reportadas na literatura e cujo âmbito de aplicação abrange as áreas de engenharia, da educação, da indústria, médica, agrícola, do setor governamental etc.

De acordo com estes autores, o AHP é baseado em três etapas básicas: (i) organização do problema em uma estrutura hierárquica que reflita as relações existentes entre os critérios de decisão e as alternativas candidatas; (ii) comparação pareada entre elementos posicionados em um nível hierárquico com relação a elementos no nível superior adjacente; e (iii) análise das matrizes de comparações geradas em (ii) através do cálculo de autovetores e autovalores máximos.

3.2.2 Endereçamento dos materiais

Após a decisão do *layout*, será realizado o endereçamento de materiais através do método ABC, o qual classificará os itens de acordo com o volume de movimentação. De acordo com Pereira (1999), o método ABC trata-se de uma ferramenta gerencial que permite identificar quais itens justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua importância relativa.

Para isso, foi desenvolvido um modelo para o Endereçamento de Materiais, conforme ilustra a Figura 1. Neste modelo, está inserido o passo a passo para se obter um endereçamento de materiais em Armazéns, de forma que se possa aperfeiçoar o processo de armazenagem e agregar maior confiabilidade ao processo.

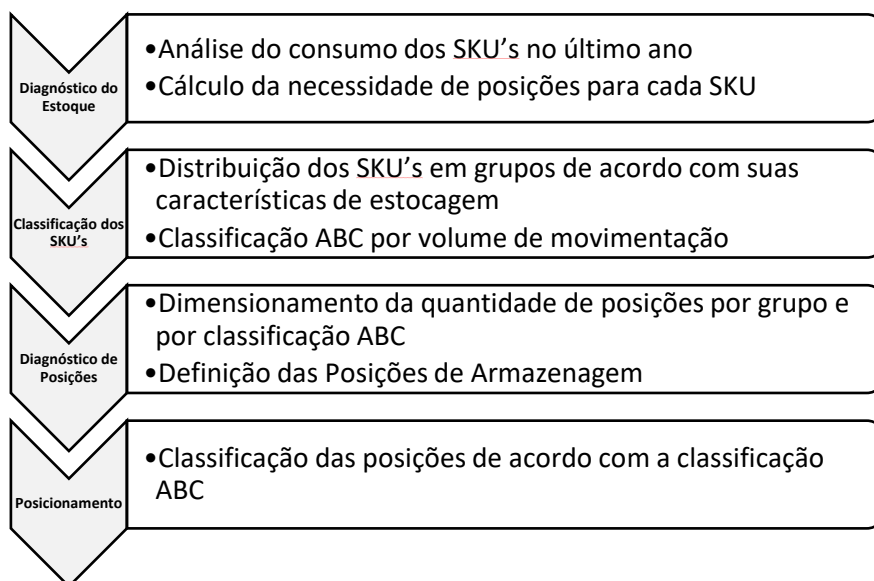


Figura 1 - Modelo de Endereçamento Proposto. Fonte: Autor

3.2.2.1 Diagnóstico do Estoque

O primeiro passo para a definição do endereçamento dos materiais é a análise do consumo de cada SKU que é armazenado no estoque. Dessa forma, é possível obter o número de pallets movimentados por mês, de acordo com a Equação 1.

$$\text{Pallets/mês} = \frac{\text{Consumo médio mensal}}{\text{Quantidade de peças por pallet}} \quad (1)$$

Posteriormente, é necessário calcular o número de posições ocupadas por cada SKU, para que seja possível dimensionar o estoque. Para isso, é utilizado o histórico de estoque mensal, de acordo com a Equação 2.

$$\text{Posições/mês} = \frac{\text{Estoque médio mensal}}{\text{Quantidade de peças por pallet}} \quad (2)$$

3.2.2.2 Classificação dos SKU's

Em função da grande quantidade de SKU's, é necessário agrupá-los de acordo com as principais características de armazenagem: altura, largura, comprimento, peso e tipo de embalagem. Sendo assim, cada grupo terá posições específicas, de acordo com suas características.

Em seguida, os SKU's são divididos em seus respectivos grupos e é aplicada a classificação ABC de acordo com o volume de movimentações. O *input* é o cálculo

da quantidade de pallets/mês, apresentada na Equação 1, e o *output* é a classificação ABC, onde: *i*) Classificação A - Alto giro: representa os primeiros 80% da movimentação; *ii*) Classificação B - Médio Giro: representa os próximos 15% da movimentação e; *iii*) Classificação C - Baixo Giro: representa os 5% restantes da movimentação.

3.2.2.3 Diagnóstico das posições

O próximo passo é dimensionar a quantidade de posições necessárias para cada grupo de materiais e para cada classificação ABC. Para isso, utiliza-se o número de posições ocupadas por cada SKU, calculada através da Equação 2, de um grupo específico, e soma-se a quantidade de posições para cada classificação ABC. Com essas informações, é possível dimensionar o número de posições necessárias para cada grupo de SKU's e, dentro desse grupo, entender a quantidade de posições para cada classificação ABC.

3.2.2.4 Posicionamento

Posteriormente ao dimensionamento da quantidade de posições, o último passo é definir a localização das posições. Para isso, deve-se considerar: *i*) origem do material, fabricado ou comprado; e *ii*) facilidade de movimentação, alocando aqueles materiais com alto volume de movimentação nos locais mais rápidos de armazenar. As zonas de armazenagem estão descritas abaixo:

- Zona de Rápido Acesso: materiais com alta rotatividade, classificação A;
- Zona de Acesso Intermediário: materiais com média rotatividade, classificação B;
- Zona de Difícil Acesso: materiais com baixa rotatividade, classificação C.

4. RESULTADOS

4.1 Estudo de caso

A empresa em estudo conta com unidades produtivas na Alemanha, no Brasil, na China, nos Estados Unidos, na Suíça e na Áustria, totalizando mais de 12 mil colaboradores. Seus produtos estão presentes em mais de 160 países, nos cinco continentes, através de mais de 38 mil concessionárias autorizadas. A unidade em que o trabalho será aplicado está localizada em São Leopoldo, Rio Grande do Sul.

A unidade tem como meta manter a liderança no mercado brasileiro de ferramentas motorizadas portáteis, com rentabilidade e comprometimento com a sustentabilidade. A estratégia de expansão prevê a melhoria contínua e o desenvolvimento de produtos tecnologicamente avançados, tendo como foco principal as pessoas – a sua segurança e conforto – e o meio ambiente, com equipamentos de baixo consumo, baixa emissão de gases e menor nível de ruído.

A empresa desenvolve, fabrica e distribui ferramentas motorizadas para os mercados florestal, jardinagem, agropecuário, construção e doméstico. A unidade do Brasil é dividida em dois negócios, Motores, onde são produzidas as ferramentas motorizadas para o mercado brasileiro e para exportação; e Cilindros, onde são produzidos cilindros para atender todas as demais unidades.

A unidade possui um prédio destinado somente para a armazenagem dos materiais diretos: matérias-primas, componentes das ferramentas motorizadas e cilindros em processamento. O fluxo interno dos itens compreende o recebimento, a armazenagem e o *picking*. A operacionalização desse processo é realizada através do sistema WMS, que está interligado com o software empresarial SAP (Sistemas, Aplicações e Programas em Processamento de Dados). Em função do crescimento do mix de produtos montados e do crescimento de mercado, esse Armazém está com a ocupação alta, gerando a necessidade desse estudo.

4.2 Escolha do *Layout*

Com o objetivo de aumentar a capacidade de armazenagem, os colaboradores da área técnica de Logística Interna elaboraram três alternativas de *layout* para o Armazém de materiais diretos. Como premissa do projeto, o novo *layout* deve envolver inovação tecnológica. Dessa forma, os atuais equipamentos de movimentação do *picking*, empilhadeira elétrica retrátil, serão substituídos por empilhadeira trilateral, pois estes equipamentos operam em corredores mais estreitos, aumentando a capacidade de armazenagem.

A capacidade de armazenagem do atual *layout* (Figura 2) suprirá a demanda durante o ano de 2017, entretanto, de acordo com as estimativas de crescimento da empresa, em 2018 o Armazém terá uma ocupação de 94%. Sendo assim, o aumento da capacidade irá ocorrer no final de 2018.

Para atender a demanda das Fábricas, o Armazém opera com quatro empilhadeiras retráteis, as quais atuam nos processos de: recebimento, picking de cilindros, picking de motores (linha de Montagem e Mini Fábricas); e duas selecionadoras de pedidos, os quais realizam o processo do picking dos materiais de *Buffer*.

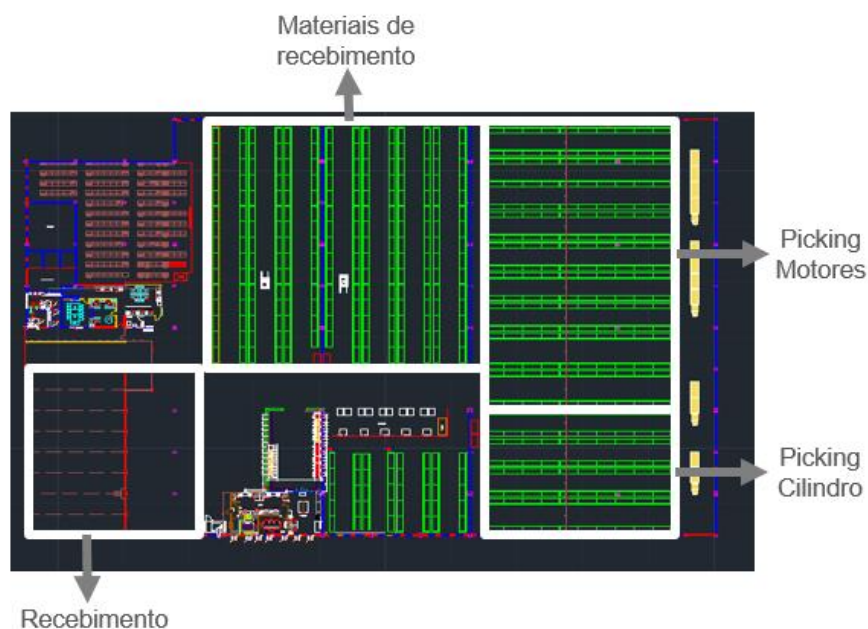


Figura 2 - Layout atual

Os *layouts* propostos foram analisados sob três aspectos, os quais possuem maior impacto na decisão da empresa: i) capacidade de armazenagem; ii) investimento necessário; e iii) eficiência operacional. Na eficiência operacional, foram considerados os tempos, as distâncias percorridas e o fluxo dos recursos atuais – pessoas, equipamentos e informações. O resultado das análises está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo *layouts*

	Layout 1	Layout 2	Layout 3
Aumento de capacidade (posições)	2730	2085	5175
Investimento	2,54 K	2,43 K	3,14 K
Aumento da eficiência	15%	20%	40%

A partir dessas análises, foi aplicado o método AHP para identificar qual a melhor opção de *layout* para o Armazém. Seguindo a metodologia, foi elaborada uma hierarquia contendo três níveis, conforme a Figura 3. No nível mais alto, está

estabelecido o objetivo principal da análise multicritério, que é determinar a melhor alternativa de *layout* para o caso em questão; no segundo nível, estão os critérios de avaliação utilizados; e no último nível, estão as alternativas de *layout*.

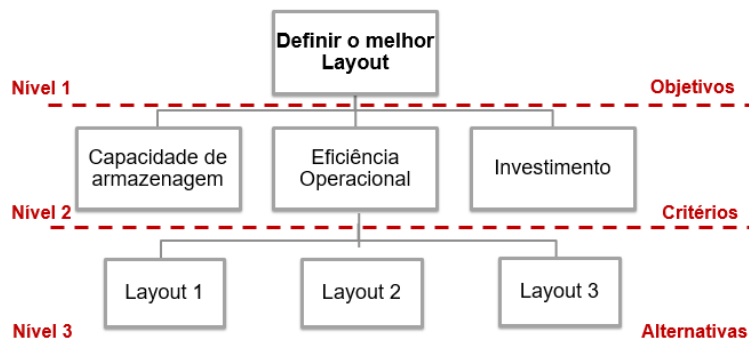


Figura 3 - Níveis de hierarquia da análise multicritério

Para analisar esta hierarquia, foram necessárias quatro matrizes de comparações pareadas. Na primeira matriz, ilustrada na Tabela 2, estão relacionados os três critérios considerados para definição do *layout*. Essa definição considera a opinião do gerente da área de *Supply Chain* da empresa em estudo. Cada par de itens foi avaliado em importância utilizando uma escala de 1 a 9, onde 1 significa que os itens são igualmente importantes, e 9 significa que um critério é extremamente mais importante do que o outro.

Na Tabela 2 tem-se também o vetor de pesos de importância obtido para os critérios listados, definindo o ranking de importância entre os critérios de avaliação de *layouts*. Este vetor corresponde ao autovetor principal da matriz na Tabela 2, com valores normalizados, de forma que a soma dos pesos seja igual a 1,0.

Tabela 2 - Matriz de comparações pareadas dos critérios de avaliação

Critérios	Capacidade	Investimento	Eficiência	Vetor pesos
Capacidade	1,00	7,00	5,00	0,72
Investimento	0,14	1,00	0,33	0,08
Eficiência	0,20	3,00	1,00	0,19

As outras três matrizes de comparação relacionam os níveis 2 e 3 da hierarquia, onde cada uma destas traz as comparações pareadas das três alternativas de *layout* com relação a cada critério do nível 2. A Tabela 3 apresenta a comparação das opções de *layout* em relação ao critério Capacidade, exemplificando as comparações dos níveis 2 e 3.

Tabela 3 - Matriz de comparações entre as alternativas

Capacidade	Layout 1	Layout 2	Layout 3	Vetor pesos
Layout 1	1,00	5,00	0,14	0,19
Layout 2	0,20	1,00	0,11	0,06
Layout 3	7,00	9,00	1,00	0,75

Da mesma forma, foram realizadas as análises para os critérios Investimento e Eficiência. Com a aplicação do método para os três critérios, foram obtidos os seus vetores de pesos de acordo com as alternativas de *layout*, conforme a Tabela 4. Posteriormente, para obter o vetor final de pesos, o qual atribui um peso de importância a cada alternativa de *layout*, foi calculada a média ponderada das avaliações obtidas para cada alternativa em cada critério da análise. A ponderação foi realizada através dos pesos de importância de cada critério, apresentados na última coluna da Tabela 2.

A partir disso, verificou-se que a maior pontuação é a alternativa *Layout 3*, com um valor de 0,69, apresentado na última linha da Tabela 4. O novo *layout* do Armazém de materiais diretos está ilustrado na Figura 4.

Tabela 4 - Matriz de pesos das alternativas para cada critério e pontuação geral

	Vetor pesos	Layout 1	Layout 2	Layout 3
Capacidade	0,72	0,19	0,06	0,75
Investimento	0,08	0,29	0,65	0,06
Eficiência	0,19	0,08	0,19	0,72
Pontuação final		0,18	0,13	0,69

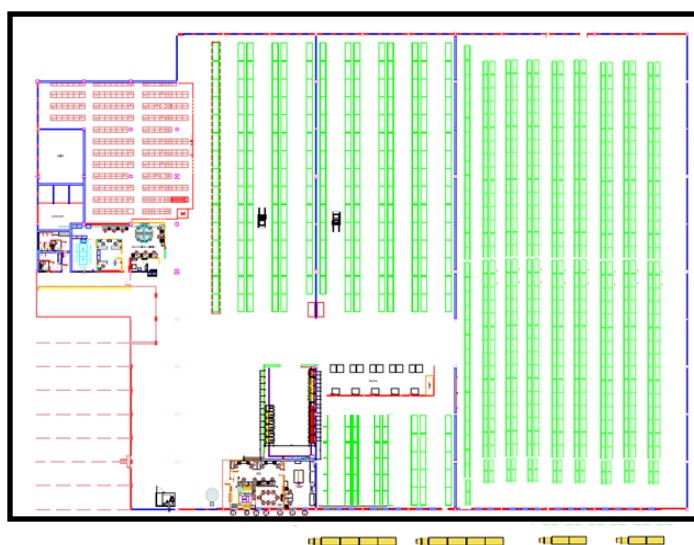


Figura 4 - Novo *layout*

4.3 Endereçamento dos materiais

Seguido da escolha do *layout*, foi realizado o endereçamento dos materiais do depósito. Para tanto, foi utilizada a metodologia descrita no item 3.2.2. Abaixo, serão expostos os resultados de cada etapa.

4.3.1 Diagnóstico do estoque

Através da análise do consumo dos SKU's do último ano, o Armazém movimenta em torno de 20.500 (vinte mil e quinhentos) pallets por mês e necessita de 16.300 (dezesesseis mil e trezentas) posições de estoque. Dessa forma, de acordo com o *layout* selecionado, o Armazém terá uma ocupação de 83% no início de sua operação.

4.3.2 Classificação dos SKU's

O Depósito de materiais diretos armazena em torno de três mil SKU's diferentes, divididos entre materiais: *i)* Fabricados: Plástico, Virabrequim, Cilindro e Cárter; e *ii)* Comprados: Nacionais e Importados, com uma gama de 180 fornecedores. Sendo assim, a dimensão e a embalagem de cada SKU variam conforme as características do material, gerando a necessidade de agrupá-los em grupos, de acordo com suas restrições de armazenagem. A Tabela 5 ilustra o resultado do agrupamento.

Tabela 5 - Grupos de restrições de armazenagem

Grupo	Descrição	Restrição
BOB	Bobina Diâmetro 1300	Peso, altura e largura
FOR	Embalagem Fornecedor	Largura
PA0	Pallet Longo+1400	Comprimento
PA1	EUR 920x800x1200	Padrão
PA2	PBR 920x1000x1200	Largura
PA4	EUR 920x800x+de1200	Comprimento
PA5	EUR +de920x800x1200	Altura
PA6	PBR Sacos 25kg	Peso, altura e largura
PA7	Caixa 450x800x600	Altura e pallet
PA8	Cesto 450x800x600	Altura e pallet
PA9	Fardos de Lingotes	Peso
RK1	Multiparts Reposição	Diversos SKU's por posição

A partir desse agrupamento, foi aplicado o método ABC para as doze classificações especificadas, visto que cada grupo ocupa uma zona de armazenagem diferente. Para isso, os SKU's foram classificados em ordem

decrecente de acordo com o número de pallets movimentados por mês e classificados segundo o critério estabelecido no método. Para exemplificar os resultados, serão apresentados os cálculos referente ao grupo PA5, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação ABC do grupo PA5

Item	Consumo médio	Quantidade de peças/pallet	Pallets/mês	Representatividade acumulada	Classificação ABC
41199000923B	17765	90	197	27%	A
42037000800C	5215	54	97	40%	A
41379000918A	5872	90	65	49%	A
42447000803D	2995	48	62	58%	A
42447000805C	2591	48	54	65%	A
11199000909A	10918	240	45	72%	A
11199000908A	9143	240	38	77%	A
03110010000A	7586	200	38	82%	A
42447000807A	627	20	31	87%	B
11219000905A	4268	240	18	89%	B
42037083409A	8764	660	13	91%	B
42037083409A	8764	660	13	93%	B
07811201028A	22011	1950	11	94%	B
41287906800C	346	34	10	96%	B
42037008803A	6469	1000	6	97%	C
06770139003A	10610	1710	6	97%	C
06770139013B	9068	1680	5	98%	C
00009001605A	608	200	3	99%	C
41389031900A	765	400	2	99%	C
41389031903A	765	473	2	99%	C
07811201027A	2839	1950	1	99%	C
07811201029A	11138	8806	1	99%	C
42037000902C	636	660	1	100%	C
00009374052B	1353	1500	1	100%	C
00009020832A	1095	1350	1	100%	C
41379031903A	765	1100	1	100%	C
49155000842	158	300	1	100%	C
03111431012A	3627	7000	1	100%	C
41479000902A	7	90	0	100%	C
47021243500A	121	6300	0	100%	C

4.3.3 Diagnóstico de posições

Para o cálculo da quantidade de posições necessárias para cada grupo de SKU's e, dentro desse grupo, a quantidade de posições para cada classificação ABC, foram utilizados os dados históricos de estoque médio e aplicada a Equação 2. O resultado da quantidade de posições por SKU do grupo PA5 está ilustrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Cálculo da quantidade de posições por SKU

Item	Quantidade de peças/pallet	Estoque médio	Posições/mês	Classificação ABC
41199000923B	90	2044	23	A
42037000800C	54	6249	116	A
41379000918A	90	963	11	A
42447000803D	48	3175	66	A
42447000805C	48	4143	86	A
11199000909A	240	1622	7	A
11199000908A	240	1667	7	A
03110010000A	200	3163	16	A
42447000807A	20	802	40	B
11219000905A	240	2203	9	B
42037083409A	660	20446	31	B
42037083409A	660	20446	31	B
07811201028A	1950	3564	2	B
41287906800C	34	494	15	B
42037008803A	1000	20985	21	C
06770139003A	1710	9584	6	C
06770139013B	1680	9151	5	C
00009001605A	200	2514	13	C
41389031900A	400	1459	4	C
41389031903A	473	2173	5	C
07811201027A	1950	4046	2	C
07811201029A	8806	22764	3	C
42037000902C	660	613	1	C
00009374052B	1500	3640	2	C
00009020832A	1350	4573	3	C
41379031903A	1100	1217	1	C
49155000842	300	88	0	C
03111431012A	7000	8371	1	C
41479000902A	90	20	0	C
47021243500A	6300	1165	0	C

A Tabela 8 apresenta o total de posições necessárias para cada classificação ABC do grupo PA5.

Tabela 8 - Quantidade de posições por classificação ABC do grupo PA5

Classificação	Total de posições necessárias
A	331
B	128
C	67
Total PA5	526

A relação dos endereçamentos do Armazém e quais grupos são aceitos em cada tipo de posição, estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Relação dos endereçamentos

Posição	Grupo	Medidas	Localização
PE	PA1, PA2 E RK1	920x800x1200	Sem restrição
BO	BOB	1840x1400x1200	Chão
FO	FOR	920x2800x1200	Chão
P0	PA0	920x800x+de1400	Parede
P4	PA4	920x800x+de1200	Parede
P5	PA5	.+de920x800x1200	Último local de altura
P6	PA6	.+de920x1000x1200	Chão
P7	PA7	450x800x600	Alocação de bandejas nos locais
P8	PA8	450x800x600	Alocação de bandejas nos locais
P9	PA9	920x800x1200	Chão

A partir dos dados gerados acima e dos endereçamentos existentes, é possível dimensionar as posições necessárias para cada classificação ABC de cada grupo de SKU. O resultado do dimensionamento está apresentado na Tabela 10, onde a necessidade é a quantidade de posições necessárias calculadas através da Equação 2; e a disponibilidade é a quantidade dimensionada de posições dedicadas para cada classificação, baseada na necessidade.

Tabela 10 - Necessidade *versus* Disponibilidade de posições

Classificação	Necessidade	Disponibilidade	Ocupação
A	331	342	97%
B	128	135	95%
C	67	92	73%
Total	526	569	92%

4.3.4 Posicionamento

Para a definição das zonas de armazenagem, primeiro foi considerado a origem do material, comprado ou fabricado (Figura 5); e posteriormente, os locais de melhor acesso.

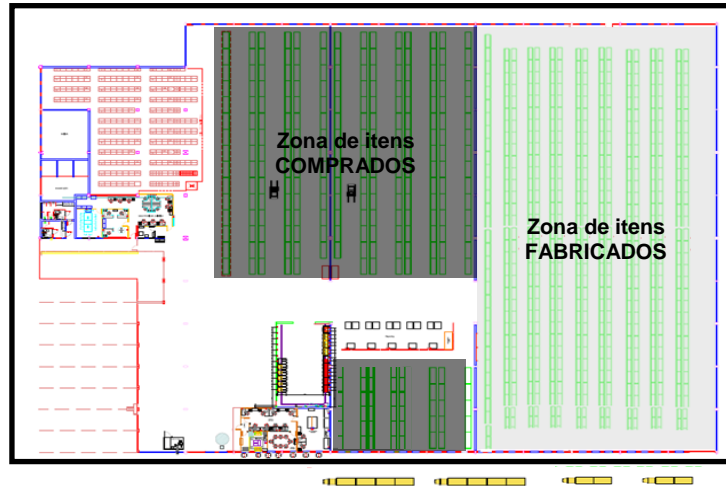


Figura 5 - Zonas de armazenagem

Para estabelecer as zonas de fácil acesso, foram coletadas amostras de tempos de armazenagem em diferentes posições do estoque, a fim de encontrar os tempos médios de armazenagem. O resultado das zonas está ilustrado na Figura 6, onde está exemplificado um corredor de porta-pallets. Os menores tempos foram coletados nas posições de altura baixa, enquanto os maiores tempos foram realizados em alturas altas.

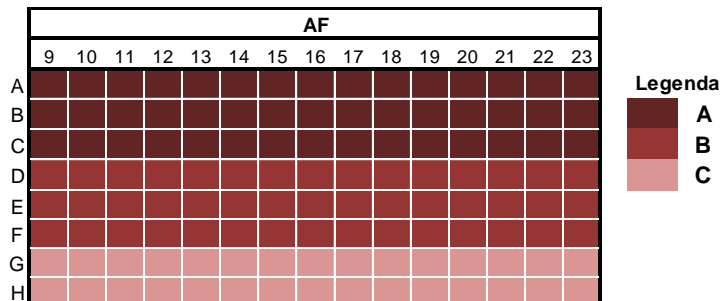


Figura 6 - Zonas de Armazenagem

Uma vez realizada a classificação, é possível operacionalizar o endereçamento dos materiais através do Sistema SAP e do WMS, utilizados na empresa em estudo. Para isso, todos os dados acima devem ser cadastrados no sistema, tanto a classificação ABC do SKU, quanto da posição. Dessa forma, quando o material é armazenado, o sistema identifica o seu grupo e a sua classificação do SKU e procura pelas posições que aceitam esse grupo e dentro desse *range* de opções, ele localiza uma posição que aceite a classificação ABC do item.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou uma contextualização da importância das atividades da logística interna na estratégia das empresas. Tal contextualização direciona para o sentido de aumentar a eficiência e reduzir os custos logísticos das fábricas que estão inseridas em um mercado com oscilações e de alta competitividade. É neste cenário que a mudança de *layout* dos Armazéns de materiais diretos torna-se elemento central para aumentar a capacidade de movimentações e armazenagem, assim como a eficiência dos recursos. Para complementar o aumento da produtividade do Armazém, é essencial a implementação do endereçamento dos materiais, que além de garantir uma armazenagem segura, reduz os tempos de movimentação.

A importância desse estudo está diretamente relacionada com a redução de perdas e de custos no processo da logística interna através da otimização dos recursos. Quando o *layout* não está adequado e não existem estudos do volume de movimentação, a capacidade de armazenagem e do processo de picking é abaixo do necessário, gerando a necessidade de aumento da quantidade de mão-de-obra no processo. Como a armazenagem não gera valor direto ao produto final, o aumento de recursos é igual ao aumento de custo operacional.

Este trabalho apresentou uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão multicritério com o objetivo de selecionar a melhor alternativa de *layout* para a empresa em estudo. O método AHP é recomendando em processos decisórios que envolvem muitas variáveis, visto que todas as alternativas são comparadas de acordo com os critérios estabelecidos, podendo utilizar como base dados quantitativos ou opiniões qualitativas. Dessa forma, foi possível definir a alternativa de *layout* que melhor atendeu aos critérios definidos pelo estudo.

Posteriormente, foi explicitado as etapas necessárias para um adequado endereçamento dos materiais dentro do Armazém, com a operacionalização do WMS. A metodologia destaca a importância do método ABC, que apesar de simples, tem aplicabilidade em diversas áreas de estudo. Com a aplicação do endereçamento, espera-se uma maior produtividade no processo de armazenagem dos materiais, reduzindo as distâncias percorridas e aumentando a capacidade de movimentação do Armazém.

Vale ressaltar que existem muitas oportunidades de aprofundamento e detalhamento do *layout* de Armazéns devido à importância deste para a operacionalização da logística interna. Os impactos relacionados à um *layout* deficiente variam desde os custos internos da empresa até a qualidade do serviço prestado ao cliente final.

REFERÊNCIAS

- ACCORSI, R.; MANZINI, R.; BORTOLINI, M. A hierarchical procedure for storage allocation and assignment within an order-picking system. A case of study. *International Journal of Logistics Research and Applications*. Bologna: v. 15, n. 6, p. 351-364, 2012.
- BALLOU, R. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, R. H. Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.
- BANZATO, Eduardo; JUNIOR, Edson Carillo; BANZATO, J. Mauricio, MOURA, Reinaldo A.; RAGO, Sidney F. Trama. Atualidades na armazenagem. São Paulo: IMAM, 2003.
- BANZATO E. Tecnologia da Informação aplicada à Logística. São Paulo; Editora Imam, 2005
- BARROS, A. J. S. e LEHFELD, N. A. S. Fundamentos de Metodologia: Um Guia para a Iniciação Científica. 2 Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.
- BLACKSTONE, J.H.; COX, J.F., APICS Dictionary, 12th ed, American Production and Inventory Control Society, Alexandria, VA. 2008.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. Logística empresarial: o processo de integração da Cadeia de Suprimento. 1. ed. Atlas, 2001, 594 p.
- COIMBRA, C. S. Gestão Estratégica de Custos para Provedores de Serviços Logísticos Integrados (PSLI). 9º SIICUSP - Simpósio de Iniciação Científica da USP, 2001.
- DIAS, M. A. P. Administração de materiais: Princípios, Conceitos e Gestão. 6 ed. Editora Atlas. São Paulo: 2012.
- FABER, N.; KOSTER, M.B.M; SMIDTS, A. Organizing warehouse management. *International Journal of Operations & Production Management* Vol. 33 No. 9, 2013 pp. 1230-1256.

GU, J.; GOETSCHALCKX, M.; MCGINNIS, L. F. Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, v.203, p. 539-549, jun./2010.

GU, J.; GOETSCHALCKX, M.; MCGINNIS, L. F. Research on warehouse operation: a comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, Atlanta: n. 177, p. 1-21, 2007.

HUDSON, P. S.; HADDAD, S. R. A Importância de um *Layout* na Armazenagem de Produtos Acabados. Um Estudo de Caso: Diplomata S/A Industrial e Comercial. Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2014.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. *Operations management: strategy and analysis*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.

PEREIRA, M. (1999) O Uso da Curva ABC nas Empresas. Disponível em: < <http://www.ivansantos.com.br/ousoABC.pdf> >. Acesso em: 2017.

MOTTA, R. A busca da competitividade nas empresas. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, 1995.

MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. Avaliação multicritério para adequação de sistemas de redução de perdas de água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais. 22, 2002.

MOURA, R. A.; BANZATO, José M. *Embalagem, Unitização e Containerização*. 2ª Ed. São Paulo: IMAM, 1997. Vol. 3

MOURA, R. A. *Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais*. 5 ed. rev. São Paulo: IMAM, 2005 (Série Manual de Logística, v. 1)

MOURA, R. A. *Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais*. São Paulo: Manual de Logística - IMAM. Vol. 1, 1998.

OWEN, S. H., DASKIN, M. S. Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*, v. 111, p. 423-447, 1998.

PORTER, Michael. *Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior*. Rio de Janeiro, Campus, 1989.

QUEIROLO, F. SCHENONE, M.; NAM, P.; ZUNINO, I. Warehouse *layout* design: minimizing travel time with a genetic and simulative approach – methodology and case study. In: Europeans simulation symposium, 14, 2002.

RAITER, D. Importância do *Layout*. [S.l]: 2012. Disponível em <http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Importancia-Do-Layout/314612.html>.

Acessado em: 02 de Outubro de 2016.

RICHARDSON, Roberto Jarry. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J.; Administração da Produção e Operações. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

RODRIGUES, S. et al. Logística: o endereçamento como ferramenta fundamental na armazenagem e estocagem. Faculdade de Tecnologia de Santa Catarina: Santa Catarina: 2015.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrósio. Gestão estratégica da armazenagem. São Paulo: Aduaneiras, 2003.

RODRIGUES, E. F. Logística integrada aplicada a um centro de distribuição: comparativo do desempenho do processo de armazenagem após a implementação de um sistema de gerenciamento de armazém (WMS). In SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 8., 2011, Resende. Anais. Resende: AEDB, 2011. p. 1-14.

SAATY, Thomas L. Método de Análise Hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991.

SANTOS, Cristiano Chester C. Ribeiro. Logística Interna de Movimentação e Armazenagem de Materiais. Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da Universidade Estadual de Maringá, 2005.

SILVER, E.A., PYKE, D.F. and PETERSON, R. Inventory Management and Production Planning and Scheduling, 3rd ed., Wiley, New York, 1998.

TOMPKINS, J. A., WHITE, J. A., BOZER, Y. A., FRAZELLE, E. H., TANCHOCO, J. M., TREVINO, J. Facilities planning. New York: Wiley, 1996.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Planejamento sistemático de *layout* com apoio de análise de decisão multicritério. *Produção*, v. 18, n. 3, p. 609-624, 2008

TRIPP, D. Pesquisa ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n.3, p. 443-466, set./dez. 2005.

VIANA, J. J.. *Administração de materiais: Um enfoque prático*. Editora Atlas. São Paulo: 2000.

WOOD JUNIOR, Thomas; ZUFFO, Paulo K. Supply chain management. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 38, n. 3, p. 55-63, 1998.