

Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



ALISSON YOSHIO KYUSHIMA
EMMILY CAROLINE CABRAL DA FONSECA

**MODELO DE SELEÇÃO DE EMPILHADEIRA COM BASE NA ANÁLISE DO
TRADE-OFF ESPAÇO DE MOVIMENTAÇÃO *VERSUS* ESPAÇO DE
ARMAZENAGEM**

Belém
2017

ALISSON YOSHIO KYUSHIMA
EMMILY CROLINE CABRAL DA FONSECA

**MODELO DE SELEÇÃO DE EMPILHADEIRA COM BASE NA ANÁLISE DO
TRADE-OFF ESPAÇO DE MOVIMENTAÇÃO *VERSUS* ESPAÇO DE
ARMAZENAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dsc. André Cristiano Silva Melo.

Co-orientador: Prof. Dsc. José Alberto Silva de Sá.

Belém
2017



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



“MODELO DE SELEÇÃO DE EMPILHadeira COM BASE NA ANÁLISE DO TRADE-OFF ESPAÇO DE MOVIMENTAÇÃO VERSUS ESPAÇO DE ARMAZENAGEM”. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito necessário para obtenção do título de Engenheiro de Produção pelos alunos **Alisson Yoshio Kyushima** e **Emmily Caroline Cabral da Fonseca**, em 07 de dezembro de 2017, no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia da Universidade do Estado do Pará - CCNT/UEPA, e aprovado pela Banca Examinadora, formada pelos seguintes membros:

Dr. André Cristiano Silva Melo – UEPA
Orientador

Dr. Denilson Ricardo de Lucena Nunes - UEPA
Avaliador 1

Dra. Mariana Pereira Carneiro – UEPA
Avaliador 2

Belém/PA, 07 de dezembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à Deus, por ser tão companheiro e nos ter permitido tão sublime etapa. Agradecemos as nossas famílias, por todo o amor, incentivo e investimento. À Universidade do Estado do Pará, por ter favorecido o nosso aprendizado, oferecendo o seu maravilhoso corpo docente, principalmente o professor André Melo, o qual nos orientou para que cumpríssemos com o compromisso do trabalho de conclusão de curso.

Agradecemos também aos amigos que fizemos, Manuel, Eriton, Lucas, Rodrigo e Udo que nos ajudaram demasiadamente nesta etapa. Aos aprendizados diários que puderam acrescentar-nos algo nessa longa e incessável busca pelo conhecimento. Este é o nosso primeiro passo de muitos.

Alisson Kyushima e Emmily Fonseca

RESUMO

Com o crescimento populacional, o êxodo rural e o aumento dos custos imobiliários, os grandes espaços destinados a armazéns são cada vez mais escassos, incentivando, desta forma, as organizações a otimizarem os que possuem. Ao visualizar este aspecto, o presente trabalho, visa oferecer um modelo de seleção de empilhadeira com base na análise do *trade-off* entre o espaço de movimentação e o espaço de armazenagem de materiais, facilitado por um programa computacional desenvolvido na linguagem de programação C#, capaz de criar diferentes leiautes a partir da seleção de empilhadeiras, como forma de otimização do espaço de armazenagem. Realizando uma aplicação em uma empresa real, onde constatou-se um potencial aumento, em 148,42%, de sua capacidade de armazenagem, resultando em R\$ 1.416.000,00 a mais em mercadorias armazenadas.

Palavras Chave: *Trade-off*. Armazenagem. Dimensionamento de armazém.

ABSTRACT

With population growth, rural flight and rising real estate costs, large warehouses are increasingly scarce, what encourages organizations to optimize those which they have. When looking at this aspect, the present work pursue to offer a forklift selection model based on the trade-off analysis between the moving space and the material storage space, facilitated by a computer program developed in the C# program language, capable to create different layouts from the selection of forklifts, as a way to optimize storage space. An application was made in a real company, where there was a potential increase of 148.42% in its storage capacity, resulting in R\$ 1,416,000.00 more in stored goods.

Key-words : Trade-off. Storage. Warehouse sizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamentos de movimentação de carga	15
Figura 2 – Fluxo das etapas do estudo	19
Figura 3 – Atividades realizadas pelo programa computacional	24
Figura 4 – Esquema de vão porta-paleta	27
Figura 5 – Desenho esquemático do armazém em estudo	28
Figura 6 – Empilhadeira retrátil	29
Figura 7 – Empilhadeira contrabalançada	29
Figura 8 – Armazém-base e espaço de movimentação	30
Figura 9 – Armazém-base para a movimentação da empilhadeira contrabalançada	31
Figura 10 – Armazém-base para a movimentação da empilhadeira trilateral	32
Figura 11 – Armazém-base com 3 ruas centrais	33
Figura 12 – Armazém-base com 4 ruas centrais	34
Figura 13 – Ruas centrais <i>versus</i> capacidade de armazenagem	34
Figura 14 – Cenário atual da empresa em estudo	36
Figura 15 – Comparação entre empilhadeira de mastro retrátil <i>versus</i> trilateral	37
Figura 16 – Leiaute atual da empresa em estudo desenvolvido no programa computacional.	38
Figura 17 – Leiaute proposto para empresa em estudo desenvolvido no programa computacional	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos equipamentos de movimentação	13
Quadro 2 – Cálculo da largura mínima de corredores para empilhadeiras frontais de contrapeso	17

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Considerações iniciais	9
1.2 Justificativa.....	10
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo geral	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Armazenagem de materiais	12
2.2 Equipamentos de movimentação de materiais - empilhadeiras.....	12
2.3 Dimensionamento de armazéns	15
3. MÉTODO DA PESQUISA.....	18
3.1 Classificação da pesquisa	18
3.2 Etapas de concepção do estudo	18
3.3 Metodologia de coleta de dados na empresa em estudo.....	20
3.4 Desenvolvimento de fórmulas	20
3.4.1 Número de corredores	20
3.4.2 Número de andares da estrutura porta-paletes	21
3.4.3 Número de paletes por bloco de armazenagem	22
3.4.4 Capacidade total do armazém.....	23
3.5 Lógica do programa computacional	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 Relatório da situação atual da empresa.....	26
4.1.1 Descrição dos armazéns e caracterização do problema	26
4.1.2 Características do armazém em estudo.....	27
4.1.3 Características dos equipamentos de movimentação de materiais.....	28
4.2 Comparação de dados e análises.....	29
4.2.1 <i>Trade-off</i> espaço de armazenagem versus espaço de movimentação	29
4.2.2 <i>Trade-off</i> de espaço de armazenagem versus agilidade	33
4.3 Proposta de novo leiaute para a empresa em estudo	35
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

No passado, os armazéns foram constantemente referidos como centros de custo e raramente acrescentando valor. O movimento da produção para o Extremo Oriente, o crescimento do comércio eletrônico e as demandas crescentes do consumidor têm direcionado uma mudança de passo nas operações de armazenagem, referindo-se, agora, aos armazéns como elos vitais dentro das cadeias de abastecimento (RICHARDS, 2014).

O movimento de cadeias de suprimentos complexas e multimodais reconhece essa mudança na percepção e está sendo impulsionada por uma maior volatilidade, capacidade limitada, regulamentos em evolução, grandes mudanças na demografia, padrões de compras dos clientes e requisitos cada vez mais exigentes dos mesmos, juntamente com os fornecedores. Isto posto, os armazéns hoje podem impulsionar a diferenciação competitiva e, assim, aumentar o crescimento lucrativo (RICHARDS, 2014).

Principalmente no atual cenário mundial, com a integração mais efetiva da economia, onde as organizações são incentivadas a buscar novas estratégias globais para ganhar mercado e projetar seus produtos, analisar e compreender informações referentes a dimensões de armazéns e os custos que a atividade de estocar pode gerar, podem ser uma forma de gerar vantagem em custos e diferenciação de operações. De modo que, implementar estratégias que levam em consideração o impacto nos custos a curto e longo prazo da organização é fundamental para estruturar de melhor forma os resultados empresariais.

Uma de tais estratégias é converter o espaço de movimentação em espaço de armazenagem, pois, de acordo com Intra Logística (2011), a mesma permite estocar de 20 a 25% mais produtos no mesmo espaço usando corredores estreitos e de 40 a 50% utilizando corredores muito estreitos (VNA). Por conseguinte, com a redução dos custos sendo a prioridade número 1 na maioria das empresas atualmente, pode-se esperar uma maior frequência de centros de distribuição com corredores para movimentação cada vez mais estreitos.

Corredores os quais são influenciados pelo tipo de equipamento de movimentação que se deseja utilizar. Ademais, tratando-se de armazéns, o principal equipamento utilizado para movimentação de carga, descarga e movimentação interna é a empilhadeira, que pode variar de acordo com sua capacidade de carga, a altura máxima de elevação, sua forma de operação (manual ou motorizada) e sua velocidade (MANTOVANI, 2015).

Nesse âmbito, o objetivo deste trabalho é oferecer um modelo de seleção de empilhadeira com base na análise do *trade-off* entre o espaço de movimentação e o espaço de

armazenagem de materiais, facilitado por um programa computacional desenvolvido com a linguagem de programação C#, na IDE (*integrated development environment*) Visual Studio 2015 (VS 2015), que leva em consideração as dimensões da área de armazenagem, dimensões da carga e do equipamento de movimentação, buscando tomar decisão para otimizar a área de armazenagem e obter vantagem competitiva a partir desta vertente logística.

De forma direta, o usuário informa aos dados gerais do armazém, seleciona a empilhadeira e o programa gera o leiaute. Assim, ao comparar distintas empilhadeiras de forma ágil no programa, o usuário terá um suporte para observar qual empilhadeira gerará mais ganhos em termos de capacidade e, assim, tomar decisões mais assertivas.

Isto posto, a definição da problemática central deste trabalho é caracterizada pela seguinte indagação: Qual empilhadeira deve ser utilizada para garantir um maior nível de eficiência no armazém, levando em consideração o *trade-off* espaço de armazenagem *versus* espaço de movimentação de materiais?

1.2 Justificativa

A armazenagem é uma operação importante no processo de uma organização, estando relacionada às últimas etapas do ciclo de produção do produto, antes de chegar ao consumidor, de modo que a atuação eficiente nesse processo tende a aumentar a competitividade empresarial com base na satisfação do cliente (FERREIRA & BATTESINI, 2017).

No que diz respeito às empresas brasileiras, a preocupação em tornar a etapa da armazenagem mais barata deve ser mais aflorada, tendo em vista que, nas condições atuais de concorrência global, deve-se levar em consideração que outros países investem mais em infraestrutura logística do que o Brasil. No Brasil, os investimentos em infraestrutura ficaram em torno de 2,3% do PIB, entre 1993 e 2015. Trata-se de percentual superior ao investido, em média, pela América Latina, em período semelhante. No entanto, ficou bem abaixo dos níveis de outras grandes economias emergentes, como China e Índia, e mesmo das economias industrializadas (BNDES, 2016).

Nesse contexto, conforme o Instituto ILOS (2016), o Brasil gastou 0,8% do PIB no ano de 2015 com a operação de armazenagem de materiais, dado equivalente a R\$ 4,72 bilhões de reais, mesmo em um ano onde o PIB brasileiro sofreu retração com relação ao ano de 2014 (BRASIL, 2016). Já no âmbito mundial, de acordo com ILOS (2011), no ano de 2010, os Estados Unidos gastaram 1,9% do seu PIB com a operação de armazenagem. Em um ano onde o PIB foi de US\$14,96 trilhões, resultante em um gasto de US\$ 28,31 bilhões com esta operação (WORLD BANK, 2017).

Além disso, os gastos brasileiros com a operação de armazenagem vêm sofrendo crescimento desde o ano de 2010. De forma singular, o percentual dos custos logísticos nas empresas em relação a sua receita líquida, foi de 1,8% dos gastos com tal operação. Tal base de dados foi feita com participação de 126 profissionais de logística das maiores empresas do Brasil em faturamento (ILOS, 2016).

Fatores os quais, geralmente são consequência, de acordo com Wutthisirisart, Sir & Noble (2015), da exigência de espaço adicional no armazém pelas empresas, devido ao aumento da demanda e, muitas vezes, a opção de construir um novo armazém não é viável devido a um alto custo de investimento. Como resultado, o excesso de estoques que não pode ser armazenado em armazéns de propriedade é transferido para armazéns de terceiros para os quais a empresa paga aluguel, bem como incorre em custos de mão de obra e transporte para armazenar itens e mover itens de volta ao local de produção. Nessa situação, a empresa detém armazéns próprios e os de terceiros (alugados).

Nessa conjuntura, é válido ressaltar que, segundo Colliers (2015), o preço médio de locação de armazéns no Brasil manteve-se estável entre os anos de 2013 e 2015, sendo de R\$20,50 por metro quadrado. Boysen, Briskorn & Emde (2017) expõem que o crescimento populacional, o êxodo rural e o aumento dos custos imobiliários em muitas áreas urbanizadas fizeram com que os espaços disponíveis para grandes armazéns ficassem cada vez mais caros e escassos. Dessa forma é imprescindível a otimização do espaço de armazenagem no armazém, visto que existe a possibilidade de aumentar a capacidade de estocagem apenas com a troca do equipamento de movimentação.

Diante do exposto, percebe-se a expansão dos custos referentes à operação de armazenagem no Brasil, fator que incentiva o desenvolvimento de melhorias que minimizem tais gastos, tendo em vista o também crescimento da atividade no mundo, impulsionada pela busca de atendimento de pedidos de forma mais assertiva possível na intenção de fidelizar o cliente em um mercado onde a concorrência é cada vez mais expressiva. Assim, o dimensionamento eficiente da área de armazenagem pode ser considerado como uma alternativa de minimização de custos à longo prazo na organização.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho consiste em oferecer um modelo de seleção de empilhadeira com base na análise do *trade-off* entre o espaço de movimentação e o espaço de armazenagem de materiais.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os tipos de equipamentos de movimentação de materiais (empilhadeiras) disponíveis no mercado;
- b) Desenvolver um programa computacional para oferecer suporte a análise do *trade-off* entre espaço de movimentação *versus* espaço de armazenagem a ser considerado na decisão de seleção de equipamentos de movimentação de materiais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Armazenagem de materiais

A função armazenagem tem como objetivo promover a disponibilidade de materiais para a indústria e para seus clientes, contribuindo, assim, com a funcionalidade da cadeia de suprimentos (JUNIOR & SPEJORIM, 2012).

Dessa forma, Rushton, Croucher & Baker (2010) afirma que os armazéns são componentes cruciais da maioria das cadeias de suprimentos modernas. É provável que estejam envolvidos em várias fases do abastecimento, produção e distribuição de bens, desde o manuseio de matérias-primas e trabalhos em curso até aos produtos acabados. Como ponto de despacho que atende o próximo cliente na cadeia, eles são críticos para o fornecimento de níveis elevados de atendimento ao cliente.

Bowersox *et al.* (2014) expõe que quando são necessárias instalações de distribuição em um sistema logístico, uma empresa pode escolher entre contratar os serviços de um especialista em armazenamento ou operar sua própria instalação. A decisão é mais abrangente do que simplesmente selecionar uma instalação para armazenar o estoque, já que muitas atividades que agregam valor podem ser realizadas durante o tempo em que os produtos estão armazenados.

Além disso, de acordo com Ballou (2011) o manuseio eficiente de mercadorias em um depósito é influenciado pelo próprio projeto do armazém, sendo que pequenas variações na configuração, arranjo físico ou arranjo das docas de carga/descarga podem resultar em economias substanciais nos custos de manuseio.

2.2 Equipamentos de movimentação de materiais - empilhadeiras

Dentro da gestão de armazéns existe a movimentação de materiais que envolve o deslocamento dos materiais dos processos industriais e comerciais. Trata-se de uma atividade que não transforma, portanto não altera os mesmos (ALVES, 2016). E de acordo com Branco (2013), o sucesso nas operações de armazenagem depende também da compatibilidade entre os sistemas de armazenagem adotados e os equipamentos de movimentação de cargas selecionados. Analogamente, Rogers (2011), explica que a escolha errada do equipamento de

movimentação pode traduzir-se num impacto negativo em termos de produtividade e eficiência de uma empresa. Para exemplificar tais equipamentos, Paletta & Silva (2009) impõem que são carrinho de mão, carrinho porta-paleta; empilhadeiras; rebocadores ou tratores para carretas, autocarrinhos (AGV) e guindastes autopropelidos.

Dependendo do sistema de movimentação utilizado, obtêm-se configurações diferentes para o leiaute. Um sistema de movimentação baseado em veículos industriais, tais como, empilhadeiras (Quadro 1), por exemplo, há que se considerar na configuração do leiaute o adequado dimensionamento dos corredores, a fim de que estes atendam à circulação e as possibilidades de manobra dos equipamentos e das cargas a serem movimentadas (PALLETA & SILVA, 2009).

Quadro 1: Descrição dos equipamentos de movimentação.

EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO	ESTRUTURA PARA OPERAÇÃO	APLICAÇÃO/CAPACIDADE
Paleteira manual	Projetada para o manuseio de cargas paletizadas, destinadas ao transporte e locomoção horizontal de cargas postas sobre paletes com agilidade e segurança	Possui duas opções de rodados que se adaptam aos diferentes tipos de pisos e aplicações	Possui uma capacidade de carga de 2.500 kg
Carrinho hidráulico	Desempenha as mesmas funções que as paleteiras, mas com um sistema elétrico	Possui sistema elétrico que permite elevar o paleta cerca de 20 centímetros do solo, sem necessidade de acionamento manual	-
Empilhadeira frontal de contrapeso	Possui contrapeso em sua parte traseira, que concede a estabilidade à máquina, sendo razoavelmente robusta	Bom desempenho em pisos não uniformes, tendo potência suficiente para subir pequenas rampas. Opera em corredores entre 3,5 a 4,5 metros de largura, com altura de elevação de carga limitada a até 7 metros	Está voltada para áreas externas e apresenta mais agilidade no descarregamento das cargas paletizadas
Empilhadeira elétrica	A velocidade de operação é baixa e emite pouco ruído. O tempo de utilização da carga de uma bateria é em média de 14 horas	Possibilita o trabalho de várias do mesmo tipo no mesmo ambiente. Opera em corredores mais estreitos, em torno de 2,5 metros de largura	É capaz de elevar a carga a mais de 7 metros de altura e sua capacidade de carga pode chegar a 2 toneladas
Empilhadeira pantográfica	Equipamento com patolas, que permitem maior acesso à carga	Opera em corredores estreitos, que variam em torno de 2,5 metros de largura	-

Empilhadeira lateral	Faz a operação de carga e descarga nas estruturas de um único lado, evitando que a máquina vira para acessar outras posições	Normalmente opera em corredores em torno de 2,5 metros de largura	Pode atingir cerca de 12 metros de altura de elevação
Empilhadeira trilateral	Conjunto que movimenta/sustenta a carga, com rotação e acesso às cargas nos diversos tipos de estruturas verticais	Opera em corredores estreitos, com largura inferior à 2 metros	Sua altura de elevação pode ser superior à 13 metros

Fonte: **adaptado** Ribeiro, Meyer & Freitas (2012).

Assim, existe uma forte relação entre o tamanho do armazém com o tipo de movimentação de materiais utilizado, pois verifica-se que o tipo de empilhadeira que um armazém utiliza pode afetar significativamente o montante de área necessária para estocar o produto. Dessa maneira, em função das capacidades diferentes das empilhadeiras, a empresa pode justificar a aquisição de unidades mais dispendiosas quando são capazes de proporcionar uma utilização mais eficaz de espaços (FRANCISCHINI & GURGEL, 2013).

Nesse âmbito, o tipo mais simples de empilhadeira é a empilhadeira de contrapeso, a qual exige uma área e corredores com larguras maiores para se movimentar, porém é a que apresenta o menor custo de aquisição. Em contrapartida, existe um transelevador (utilizado em VNA – *Very Narrow Aisle*), que exige uma área de ocupação e largura de corredor mínimo para o mesmo montante de produtos, porém custa bem mais, podendo chegar a dez vezes o valor da empilhadeira de contrapeso (FRANCISCHINI & GURGEL, 2013).

Na Figura 1 expõe-se claramente como o tipo de empilhadeira impacta diretamente no volume disponível para estocagem de materiais em um armazém, sendo que quanto mais largo for o espaço alocado para o corredor, menor será o volume disponível para estocagem, e, em contrapartida, quanto mais estreito o corredor, mais compactado será o estoque, garantindo assim uma maior capacidade de armazenagem.

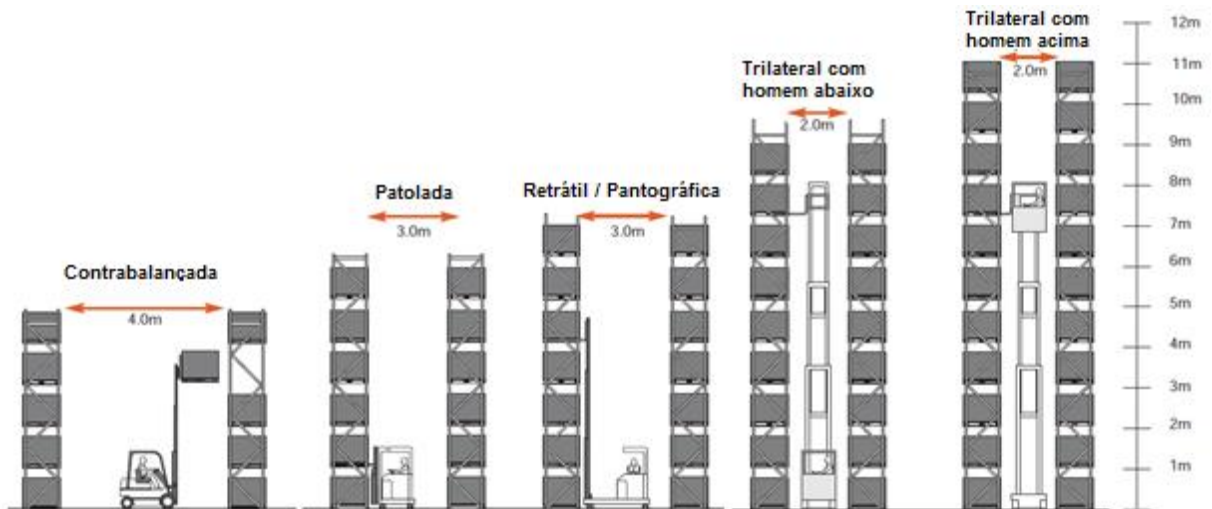


Figura 1 – Equipamentos de movimentação de carga. Fonte: **Adaptado** Link51 (2013).

Como exposto é essencial considerar todos os aspetos da operação de armazenagem, de modo a assegurar que o equipamento escolhido seja o que melhor se adequa ao armazém. Alguns desses fatores podem ser o tipo de mercadorias, os modos de transporte das mesmas, o tipo de armazenagem, o tipo de operação, as dimensões do armazém, como a altura ou as distâncias percorridas, a área de trabalho, ou o ambiente (RICHARDS, 2014). Assim, a otimização do leiaute em função da melhoria da movimentação de materiais e armazenagem eficiente reduz custos e agrega valor à atividade de armazenar mercadorias (PALETTA & SILVA, 2009).

2.3 Dimensionamento de armazéns

O dimensionamento de uma infraestrutura de armazenagem é uma decisão muito complexa, pois por um lado depende de vários fatores, mas por outro, quando o dimensionamento está definido, constituirá uma restrição às operações de armazenagem durante um longo horizonte de tempo, dado que a confiabilidade das previsões da atividade para um horizonte temporal alargado será muito baixa (CARVALHO, 2012).

No planeamento de um novo armazém, como não existe um sistema de armazenagem perfeito, Richards (2014) afirma que se deve escolher um que atenda às características dos produtos a serem armazenados, das dimensões da instalação (área de recebimento, estocagem e expedição), da velocidade necessária para o material percorrer o armazém e do orçamento disponível, pois cada um deles desempenha um papel diferente, e a sua utilização também depende dos tipos de operações do armazém.

Nesse contexto, Carvalho (2012) expõe que uma infraestrutura de armazenagem é composta principalmente por quatro áreas distintas: área de armazenamento do estoque, área para movimentação, área de recepção e a área de preparação e expedição dos pedidos. E para

um dimensionamento mais eficiente, é necessário definir um espaço ótimo que cada área utilizará, de forma que o somatório será a área total do armazém. E, por fim, o dimensionamento do armazém onde todo o espaço será organizado, definindo-se uma localização para cada área por meio da análise do seu leiaute.

No que se refere ao espaço disponível para cada área, o dimensionamento de corredores tem papel importante, pois dependendo de como estes serão organizados poderá se destinar mais ou menos espaço para as demais áreas. Isto posto, Moura (2003) defende que a largura do corredor para o empilhamento em ângulo reto é aquela necessária para girar uma empilhadeira a 90°, a fim de que esta deposite um material na sua lateral. Assim, quatro fatores são envolvidos para determinar a largura: raio de giro (externo e interno), distância entre a linha central do eixo dianteiro (tração) e a frente do suporte de garfos, comprimento da carga ou do garfo (o que for maior) e fator de segurança (folga).

Além disso, Moura (2003) afirma que o arranjo e o dimensionamento dos corredores são de suma importância para se alcançar a máxima eficiência em um armazém. Dessa forma, antes de dimensionar a largura do corredor deve-se atender às especificações de cada equipamento de movimentação. Alguns fatores devem ser levados em consideração, tais como tipo e estrutura de estocagem, equipamento de movimentação (tipo, tamanho, capacidade, raio de giro etc.), tamanho dos itens alocados, facilidade de acesso desejada, quantidade de itens estocados, entre outros.

Após tais explicações, percebe-se a forte relação existente entre o dimensionamento de corredores com o fator equipamento de movimentação, tendo como auxílio o cálculo de largura de corredores para paleteiras, transpaletes e empilhadeiras de palota, cálculo de corredores para empilhadeiras a contrapeso e o cálculo de largura de corredores para empilhadeiras de mastro retrátil (MOURA, 2003). Sendo, cada um desses expostos nos itens I, II e III a seguir.

I. Largura de corredores para paleteiras, transpaletes e empilhadeiras de palota

A largura máxima é dada por (Equação 1):

$$A = K + D + W + C \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

A = Largura mínima do corredor;

D = Distância da face da carga até a linha de giro do timão;

W = Comprimento da carga;

C = Folga desejada para cada aplicação;

K = Comprimento do timão, no sentido de marcha, mais o espaço necessário para o operador controlar (a pé).

II. Largura de corredores para empilhadeiras frontais de contrapeso

Para realizar o cálculo da largura mínima dos corredores para empilhadeiras deste tipo, primeiro deve-se classificar a carga a ser transportada, que pode ser feita da seguinte forma:

Faixa I: Cargas de pequena largura, $L < 2B$;

Faixa II: Cargas de média largura, $2B < L < 2(R1 - B)$;

Faixa III: Cargas de grande largura, $L < 2(R1 - B)$.

Sendo:

B = Metade da largura da empilhadeira, mais o raio de giro interno (R);

$R1$ = Raio de giro externo (empilhadeiras sem carga e em baixa velocidade);

L = Largura da carga.

Este dimensionamento foi desenvolvido para empilhadeiras frontais de contrapeso, com empilhamento a 90° . Seguem as variáveis para serem levadas em consideração no cálculo da largura do corredor:

A = Largura mínima do corredor;

D = Distância da face da carga até a linha do centro do eixo de tração;

W = Comprimento da carga no sentido de deslocamento;

C = Folga desejada para cada aplicação, considerando a derrapagem das rodas direcionais;

$R1$ e $R2$ = Distâncias do centro de giro à extremidade da carga.

Sendo que para cada faixa, há uma fórmula diferente para o cálculo de A (Ver Quadro

2).

Quadro 2 – Cálculo da largura mínima de corredores para empilhadeiras frontais de contrapeso.

Faixa I	Faixa II	Faixa III
$A = R1 + D + W + C$	$A = R1 + R2 + C$	$A = L2 + B + R2 + C$
$R2 = \sqrt{((D+W)^2 + (L2 - B)^2)}$		

Fonte: Moura (2003).

III. Largura de corredor para empilhadeiras de mastro retrátil

Para este tipo de empilhadeira, o cálculo também é definido em função do tamanho da carga, sendo também considerados três casos, a saber:

a) Cargas de comprimento menor que a largura da empilhadeira, $W < H$ (Equação 2);

$$A = [(R1 - X) + W + C] \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

X = recuo do mastro.

b) Cargas de comprimento médio, ou $H < W < R1$ (Equações 3 e 4);

$$A = R1 + C + G \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

$$G = \sqrt{(W - X)^2 + (L/2)^2} \quad (\text{Eq. 4})$$

c) Cargas de grande comprimento, ou $G > W$ (Equação 5).

$$A = K + C \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

K = diagonal da carga.

3. MÉTODO DA PESQUISA

3.1 Classificação da pesquisa

De acordo com Silva & Menezes (2005), uma pesquisa pode ser classificada quanto a sua natureza, abordagem, objetivo e procedimentos técnicos. Assim, quanto à sua natureza, esta pesquisa foi classificada como Aplicada, já que objetivou a geração de conhecimentos com possível aplicação prática no contexto do dimensionamento de armazéns. Em relação à abordagem do problema, foi classificada como Qualitativa, por não necessitar do uso de métodos e técnicas estatísticas, onde os dados expostos foram coletados diretamente do ambiente natural e os pesquisadores foram instrumentos-chave à organização e análise desses dados. De acordo com Gil (2002), no que diz respeito aos objetivos, esta pesquisa foi classificada como Exploratória, por proporcionar maior familiaridade com a decisão de seleção de equipamentos de movimentação, especificamente empilhadeiras, com vistas a torná-la mais explícita e aprimorando ideias sobre como tomá-la de modo mais efetivo, considerando, especificamente, aspectos estratégicos associados à atividade de armazenagem.

Por fim, com relação aos procedimentos técnicos, foi classificada como Estudo de caso, por ser um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, no caso o armazém de uma empresa de alimentos localizada na cidade de Belém, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2002).

3.2 Etapas de concepção do estudo

Na Figura 2 apresenta-se, de forma ilustrativa, a sequência de atividades necessárias para realização e alcance dos objetivos propostos neste trabalho.

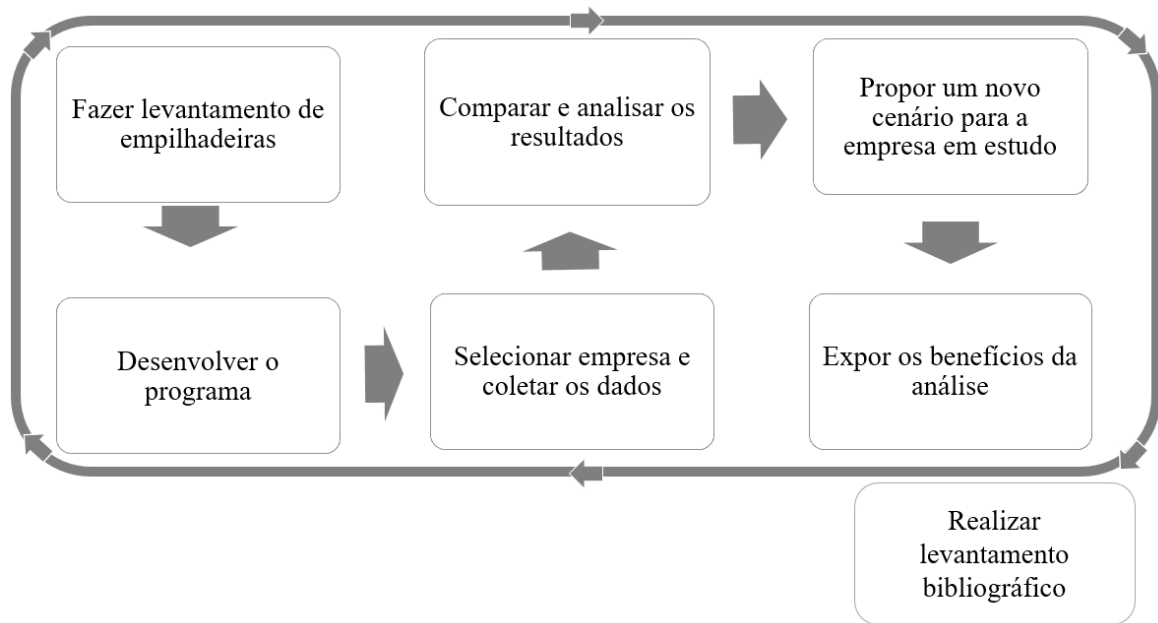


Figura 2 – Fluxo das etapas do estudo. Fonte: Autores (2017).

- a) Todas as etapas são acompanhadas de levantamentos bibliográficos em artigos de periódicos, livros e sites, para favorecer a geração de novos conhecimentos com base em conceitos e resultados importantes ao contexto estudado. Entretanto, houve dificuldade em encontrar estudos com foco no *trade-off* entre espaço de movimentação e espaço de armazenagem;
- b) Para o levantamento de empilhadeiras, considera-se os principais tipos de empilhadeiras disponíveis no mercado, afim de garantir possibilidades para o dimensionamento da área de armazenagem, já que cada tipo necessita de uma largura diferente para realizar a sua movimentação de forma segura, bem como os dados técnicos necessários para a realização dos cálculos das larguras dos corredores;
- c) Desenvolvimento do programa computacional, com a linguagem C# na IDE (*integrated development environment*) Visual Studio 2015 (VS 2015), que conte com um banco de dados compacto (Microsoft SQL Compact Edition) desenvolvido também na IDE VS2015, para dar suporte a seleção de empilhadeira com base na análise do *trade-off* espaço de movimentação *versus* espaço de armazenagem;
- d) Seleção da empresa e coleta de dados referentes a dimensões do armazém, informações técnicas das empilhadeiras utilizadas e especificações das cargas movimentadas. Tais dados foram coletados por meio de visitas técnicas, entrevistas com os responsáveis da área de logística, além de levantamento documental, via o acesso a documentos técnicos da instalação selecionada. Tal etapa busca viabilizar comparação entre dados teóricos e práticos;

- e) Comparação de resultados, com relação à ganhos de capacidade de armazenagem para diferentes tipos de empilhadeiras e leiautes e realizar análise, referente à decisão de aumento de capacidade de armazenagem, por meio da comparação dos resultados de diferentes equipamentos de movimentação, tomando como base o *trade-off* entre espaço para movimentação e espaço para armazenagem;
- f) Proposição de novo cenário para a empresa em estudo com a utilização de uma empilhadeira diferente das que a mesma possui atualmente;
- g) Exposição dos benefícios da análise, à empresa e à comunidade acadêmica, de armazéns, a partir do *trade-off* entre espaço de movimentação *versus* espaço de armazenagem de materiais, afim de potencializar a execução eficiente de atividades, atendendo aos requisitos tanto da empresa, com relação à custos logísticos, quanto ao do consumidor, com relação à atendimento da demanda.

3.3 Metodologia de coleta de dados na empresa em estudo

Para a etapa de coleta de dados na empresa em estudo, as seguintes etapas foram seguidas:

- a) Coleta de informações referentes ao armazém (dimensões das estruturas, capacidade e tipo de carga);
- b) Coleta de informações sobre os equipamentos de movimentação utilizados (capacidade, alcance, velocidade e raio de giro);
- c) Levantamento dos tipos de operações e de movimentações que ocorrem no armazém.

Assim, os dados foram organizados em tabelas para facilitar o entendimento e organização para que, posteriormente, se tornem dados de entrada para o programa computacional desenvolvido. Além disso, os mesmos são utilizados como base para o mapeamento da situação atual em que a empresa se encontra.

3.4 Desenvolvimento de fórmulas

3.4.1 Número de corredores

Para que o programa desenvolvido seja capaz de dimensionar armazéns, algumas fórmulas foram elaboradas. Como, por exemplo, a do número de corredores, que é capaz de dizer quantos corredores o armazém deve ter dado dimensões de da área de armazenagem, como é exposta na Equação 6.

$$N_c = \frac{L_a - 2F_p + F_{epp}}{L_c + 2L_{epp} + F_{epp}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde,

N_c = Número de corredores;

La = Largura da área de armazenagem;

Lc = Largura mínima do corredor;

Fp = Folga entre parede e estrutura porta-paletes das extremidades;

Fepp = Folga entre estruturas porta-paletes;

Lepp = Largura das estruturas porta-paletes.

Nesta fórmula, a folga é = $(N_c - \text{inteiro do } N_c) * L_c$. A mesma deve ser inserida no corredor central e recalculada N vezes até que o N_c seja um número inteiro, isto para preencher todo o espaço do armazém.

Assim, caso o número de corredores centrais seja igual a 2 (Equação 7):

$$N_c = \frac{La - 2L_{cc} - 2F_p + F_{epp}}{L_c + 2L_{epp} + F_{epp}} \quad (\text{Eq. 7})$$

Ou, caso o número de corredores centrais seja igual a 1 (Equação 8):

$$N_c = \frac{La - L_{cc} - 2F_p + F_{epp}}{L_c + 2L_{epp} + F_{epp}} \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde, L_{cc} refere-se à largura do corredor central.

Por fim, caso a largura do(s) corredor(es) centra (ais) seja(m) maior(es) que duas vezes a largura mínima do corredor, a diferença deve ser dividida pelo número de corredores menos o número de corredor(es) central(ais) e distribuída nos demais corredores, tendo assim a largura corrigida dos corredores (largura final do corredor central).

3.4.2 Número de andares da estrutura porta-paletes

Outro fator necessário, é o número de andares (N_a) que a estrutura porta-paletes deve ter que, no caso do programa computacional, é influenciado pela capacidade da altura de elevação do equipamento de movimentação.

Assim, caso a somatória entre a altura de elevação da empilhadeira, altura da carga e altura do paletes, resulte em um valor menor que a altura do armazém, subtraindo a folga do último paletes até o pé direito do armazém, tem-se como fórmula para o número de andares (Equação 9):

$$N_a = \frac{H_{el} + H_c + H_p + H_l + F_s}{H_c + H_p + F_s + H_l} \quad (\text{Eq. 9})$$

Caso contrário, deve-se encontrar o N_a pela fórmula da Equação 10:

$$N_a = \frac{H_t - F_t + H_p + H_l + F_s}{H_c + H_p + F_s + H_l} \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde,

N_a = Número de andares;

H_{el} = Altura de elevação da empilhadeira;

H_t = Altura total;

Ft = Folga entre o último palete e o teto;

Hl = Altura da longarina;

Fs = Folga de segurança entre paleta e longarina;

Hc = Altura da carga;

Hp = Altura do paleta.

A sobra deve ser inserida na folga entre o último paleta e o teto.

3.4.3 Número de paletes por bloco de armazenagem

O bloco de armazenagem é considerado o espaço disponível para o armazenamento de produtos entre dos corredores, duas ruas ou entre o corredor ou rua e a parede. De posse disto, para o cálculo do número de paletes por bloco o programa utiliza a Equação 11.

$$N_{pb} = N_{pv} * N_v * N_a \quad (\text{Eq. 11})$$

Onde,

N_{pb} = Número de paletes por bloco;

N_{pv} = Número de paletes por vão;

N_v = Número de vãos nos blocos;

N_a = Número de andares.

No caso dos blocos centrais, caso as folgas não completem o espaço suficiente para armazenar um paleta em um vão menor, estas devem ser alocadas para o primeiro bloco, a fim de formar pelo menos mais um vão com uma quantidade menor de paletes, conforme apresentado na Equação 12.

$$N_v = \frac{L_b - L_{cpp}}{L_{vao} + L_{cpp}} \quad (\text{Eq. 12})$$

Sendo,

N_v = Número de vãos;

L_b = Largura do bloco;

L_{cpp} = Largura da coluna da estrutura porta paleta;

L_{vao} = Largura do vão;

L_{cpp} = Largura da coluna da estrutura porta paleta.

Considera-se que L_b e L_{vao} sejam obtidos conforme a Equações 13 e 14,

$$L_b = \frac{Pa - (N_{re} - 1) * F_{pp} - L_r(N_{rex} + N_{rc})}{N_{rc} + 1} \quad (\text{Eq. 13})$$

E,

$$L_{vao} = N_{pv} * (L_{carga} + F_{pc}) + F_{pc} \quad (\text{Eq. 14})$$

Onde,

N_{pv} = Número de paletes por vão;

L_{carga} = Largura da carga;

F_{pc} = Folga entre paletes ou entre paletes e a coluna da estrutura.

3.4.4 Capacidade total do armazém

Por fim, e considerando as fórmulas expostas nos tópicos 3.4.1 a 3.4.3, calcula-se a capacidade total do armazém por:

$$C_p = (N_{pbExtremidade} * 2) + (2 * (N_c - 1) * N_{pb} * N_{rec}) + (2 * (N_c - 1) * N_{pbInicial})$$

3.5 Lógica do programa computacional

Para facilitar o entendimento da rotina, ou seja, da sequência de ações e cálculos realizados, pelo programa computacional, a Figura 3 foi proposta. Nela, as etapas foram organizadas de acordo com a sua ordem de ocorrência.

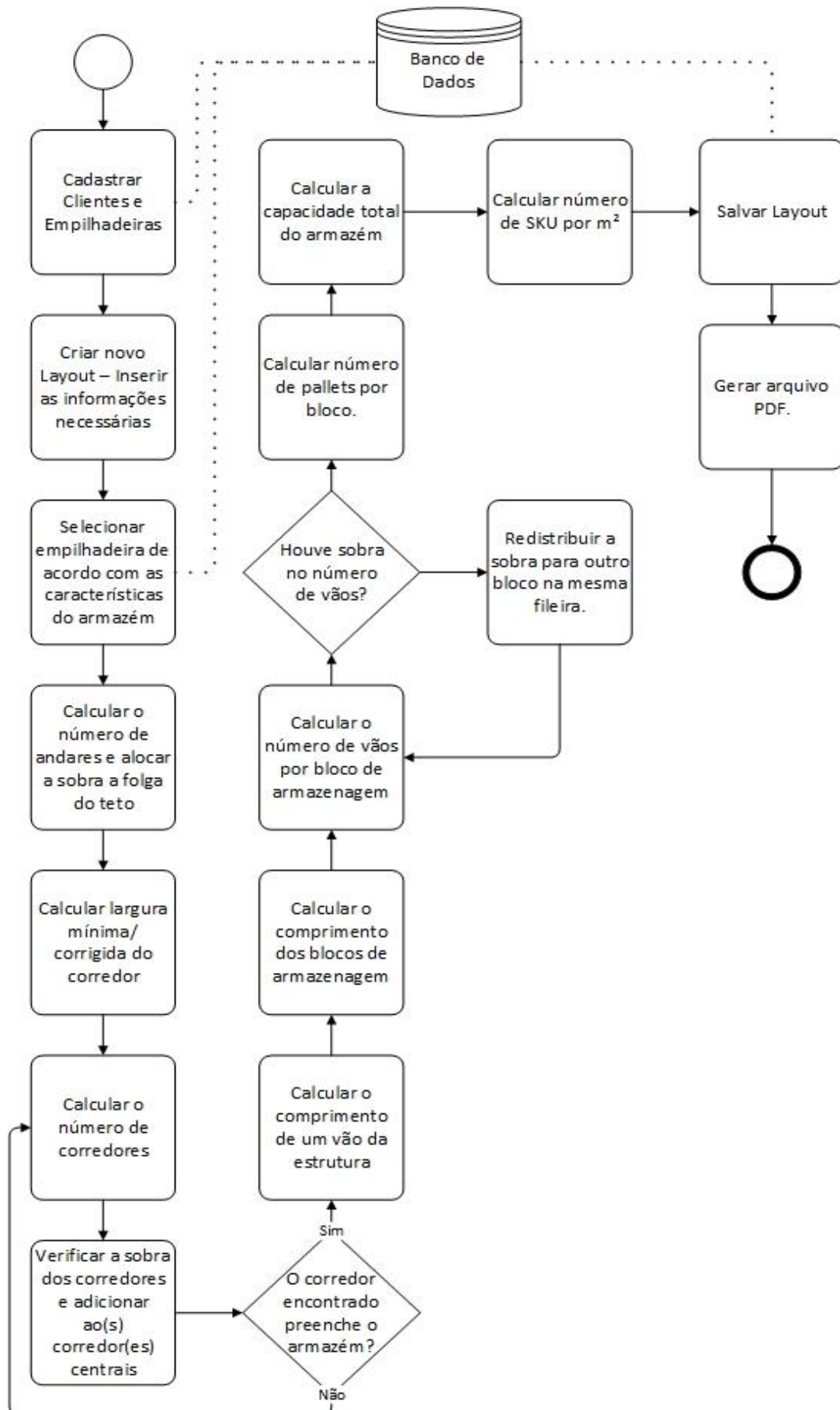


Figura 3: Atividades realizadas pelo programa computacional. Fonte: Autores (2017).

Com o cadastro de clientes e de empilhadeiras no programa, o usuário pode criar um leiaute para um determinado cenário. Primeiramente, o usuário deve inserir as principais informações, como dimensões do armazém e da carga, incluindo folgas e as dimensões das estruturas porta-paletes. Posteriormente, o programa computacional filtrará as empilhadeiras compatíveis com as características do armazém e o usuário poderá escolher a empilhadeira que deseja considerar no cenário proposto, para gerar o leiaute.

Após selecionar uma empilhadeira, o programa calcula o número de andares e aloca a sobra para a folga do teto, utilizando as informações de altura de elevação da empilhadeira, pé direito do armazém, folgas entre cada andar, altura da longarina etc. Posteriormente, calcula a largura mínima do corredor para o armazém em análise.

Após tal etapa, o programa calcula o número de corredores, levando em consideração a largura mínima do corredor. Em seguida, verifica a folga para poder distribuir para os corredores centrais, até que a área de armazenagem seja totalmente preenchida.

Para calcular a capacidade total do armazém é necessário ter os dados referentes ao comprimento de um vão da estrutura (o cálculo é feito com base no número de paletes por vão (descrita pelo cliente), largura da coluna da estrutura e folgas entre paletes). Assim, de posse de tais dimensões, juntamente com o número de ruas que o armazém deverá apresentar, é desenvolvido o cálculo do comprimento dos blocos centrais e dos blocos extremos, fator que é transformado em quantidade de vãos por bloco de armazenagem.

Por conseguinte, ao saber o número de vãos por bloco, número de paletes por vão e o número de andares da estrutura porta-paletes, calcula-se o número de paletes por bloco de armazenagem, fornecendo a base para encontrar a capacidade total do armazém. Por fim, é possível encontrar a quantidade SKU/m² (capacidade total dividido pela área total da área de armazém). Com tais informações, viabiliza-se a comparação entre vários cenários de leiautes de armazenagem, considerando-se diversos tipos de empilhadeiras a serem utilizadas, em uma mesma instalação. Assim, ao considerar as restrições de cada empilhadeira (altura de alcance dos garfos e corredor mínimo necessário, por exemplo), pode-se comparar os ganhos em capacidade de armazenagem que cada modelo de empilhadeira considerado poderá proporcionar ao cliente, proporcionando reflexões sobre qual equipamento se adequa melhor à sua necessidade de operação de armazenagem. Ademais, existe a possibilidade de o usuário salvar o armazém no banco de dados e gerar um documento em formato pdf.

É importante ressaltar que o programa em questão se limite a dimensionar somente a área de armazenagem, sem levar em consideração possíveis colunas necessárias para a estrutura. Além de não permitir que o usuário defina aonde é a entrada da área de armazenagem.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme o exposto no tópico 3.2d, um levantamento a respeito da situação atual (empilhadeiras utilizadas, área e capacidade de armazenagem) da empresa em estudo, foi realizado. Afim de possibilitar um melhor embasamento para as tratativas da questão da análise do *trade-off* entre espaço de movimentação e de armazenagem. Dados os quais também são analisados no tópico 4.2.

4.1 Relatório da situação atual da empresa

4.1.1 Descrição dos armazéns e caracterização do problema

A empresa em estudo é do setor alimentício e está localizada na cidade de Belém, Pará. Seus produtos são organizados em paletes que possuem o peso de 624 kg, 432 kg, 315 kg, 378 kg, 480 kg e 500 kg, entre produtos organizados em caixas e em fardos.

A empresa detém 3 armazéns para acondicionar seus produtos, onde busca a melhor forma para obedecer ao preceito de que o primeiro material a entrar deve ser o primeiro a sair (PEPS), que são:

- a) Armazém 1: com capacidade de armazenar 876 paletes com produtos organizados em fardos de variados tamanhos;
- b) Armazém 2: com capacidade de armazenar 1.270 paletes com produtos organizados em caixas e em fardos de variados tamanhos;
- c) Armazém 3: Com capacidade de armazenar 500 paletes com produtos organizados em caixas de um único tamanho.

Entretanto, como os armazéns não foram projetados com uma capacidade excedente e o nível de eficiência do setor produtivo aumentou, esta empresa vem apresentando dificuldades na etapa de armazenamento de produtos, sendo este o principal motivo da ocorrência de armazenagem de materiais em locais inadequados, como nas ruas dos armazéns ou até mesmo na área produtiva.

Nesse âmbito, com o conhecimento das complexidades dos três armazéns, este trabalho propôs-se a focar no Armazém 3, uma vez que este apresenta um padrão maior no que diz respeito à tipo de carga, afim de facilitar as análises. Apesar disso, as soluções encontradas para esse armazém podem ser passíveis de ajustes, ampliadas e reproduzidas para os demais, considerando-se as possíveis diferentes realidades de cada.

O Armazém 3 possui dimensões 35,51m x 14,80m x 11,8m, tendo o material armazenado nele as dimensões de 1,25m x 1,00m x 1,65m, depositadas em paletes que respeitam os padrões brasileiros (PBR).

4.1.2 Características do armazém em estudo

O armazém selecionado para o desenvolvimento deste estudo possui 35,51 m de comprimento, 14,80 m de largura e 11,82 m de altura, com dois corredores de dimensões distintas e maiores que 3,9 metros de largura, com a capacidade de armazenar 500 paletes. Seus espaços porta-paletes apresentam, cada um, 2,5 metros de comprimento, 1,20 metros de profundidade e 2,13 metros de altura (ver Figura 4). Ressalta-se que em cada vão porta-palete, a empresa armazena dois pallets de 120 caixas, e considera-se a dimensão de 0,13 metros referentes à longarina (estrutura de sustentação do paleta).

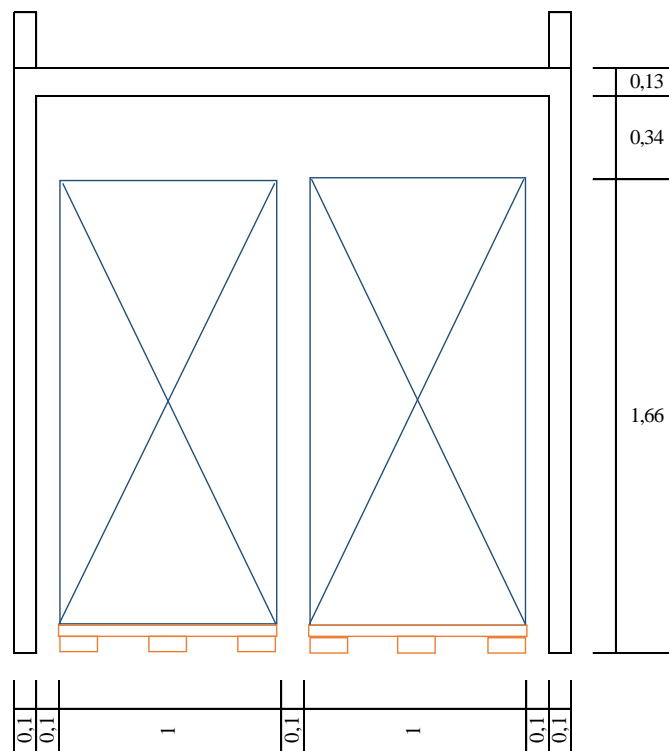


Figura 4 – Esquema de vão porta-paleta. Fonte: Autores (2017).

Na Figura 5 é demonstrada a visão geral das posições dos vãos porta-paletes no armazém considerado no estudo. Este armazém tem seu leiaute organizado em quatro blocos de armazenagem, sendo três com 12 vãos porta-paletes e um com 14 vãos. Além disso, existe uma abertura no lado esquerdo para entrada e saída de materiais, sem existir um corredor principal que facilite a movimentação de uma ou mais empilhadeiras.

Outro fator importante no leiaute deste armazém é a existência de folgas entre os blocos de armazenagem extremos e as paredes do armazém, a qual, respeitando a Norma Regulamentadora (NR) 11 (BRASIL, 2004), que regulamenta que os materiais devem ficar afastados das estruturas laterais do prédio a uma distância de pelo menos 0,50 metros. No caso do armazém em estudo, estas folgas são superiores ao valor estabelecido pela NR 11.

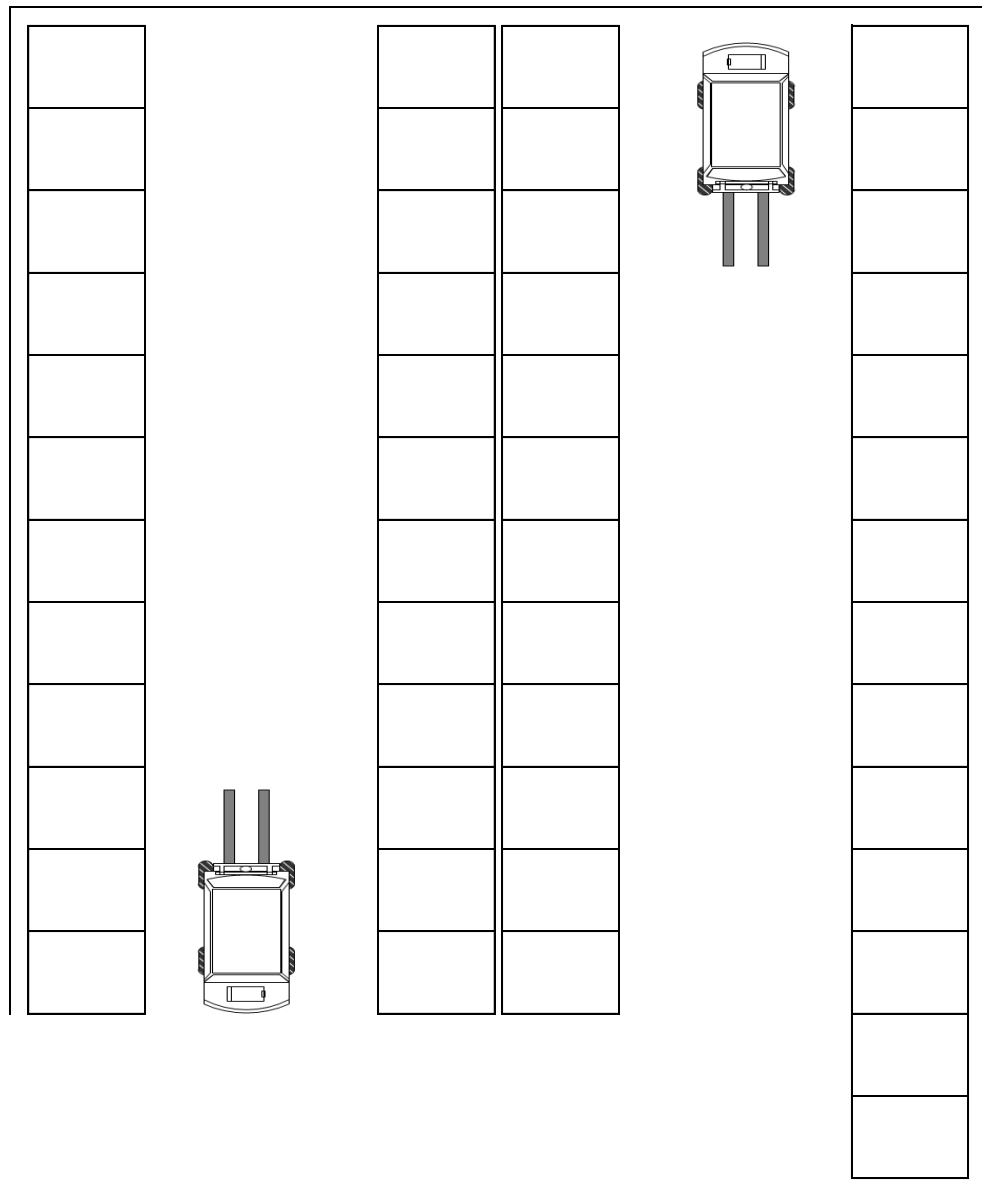


Figura 5 – Desenho esquemático do armazém em estudo. Fonte: Autores (2017).

4.1.3 Características dos equipamentos de movimentação de materiais

A empresa em análise, utiliza em suas operações de armazenagem empilhadeiras contrabalançadas e empilhadeiras de mastro retrátil para movimentar suas cargas dentro do armazém, mas também conta com o apoio de paleteiras manuais.

O equipamento de movimentação exposto na Figura 6 é uma empilhadeira retrátil que utiliza a eletricidade como combustível. Possui a capacidade de elevação de cargas de até 2000 kg, altura de elevação de 9 m e necessita de um corredor de operação de 2,8 m. Pode alcançar velocidade de 10,6 km/h com carga e 11,4 km/h sem carga. A empresa possui uma unidade deste equipamento, responsável por alcançar as cargas que ficam armazenadas nos porta-paletes mais elevados.



Figura 6: Empilhadeira retrátil. Fonte: Palettrans (2017).

Já a empilhadeira exposta na Figura 7, possui a capacidade elevação de carga com até 2500 kg, altura de elevação de 5,01 m e necessita de um corredor de operação de 2,68 m, podendo alcançar a velocidade de 18,7 km/h com carga e de 19,8 km/h sem carga. O tipo de combustível utilizado para sua operação é o gás liquefeito de petróleo (GLP) e a empresa em estudo possui 3 unidades deste equipamento.



Figura 7: Empilhadeira contrabalançada. Fonte: Yale (2017).

Nesse âmbito, percebe-se que os equipamentos de movimentação utilizados pela empresa, apesar de atenderem à sua atividade principal – movimentar cargas - podem estar gerando espaços ociosos dentro do armazém, como é o caso da largura necessária do corredor para a empilhadeira contrabalançada realizar as suas manobras. Além disso, as folgas entre a estrutura porta-paleta e as paredes estão acima do mínimo necessário, com algumas de 0,97 metros.

4.2 Comparação de dados e análises

4.2.1 *Trade-off* espaço de armazenagem versus espaço de movimentação

Para embasamento das primeiras análises a respeito do *trade-off* de espaço de armazenagem e espaço de movimentação, um armazém não-real de dimensões 100m x 70m x 14m, com 1 rua central, foi plotado no programa computacional. Este então foi denominado armazém-base. Desse modo, foram adicionados três tipos de empilhadeiras ao armazém-base,

para facilitar a visualização de como essa instalação se comportaria quanto à sua capacidade de armazenamento (ver Figura 8).



Figura 8: Armazém-base e espaço de movimentação. Fonte: Autores (2017).

Depreende-se que a escolha do equipamento de movimentação de materiais pode influenciar no ganho ou na diminuição da capacidade de armazenagem de um armazém, tendo em vista que cada equipamento possui as suas particularidades e necessidades em termos de espaço necessário para a sua movimentação eficiente e segura. Fato ilustrado na Figura 8, onde houve um ganho de 136,50% em capacidade de armazenagem ao comparar um contexto considerando o uso da empilhadeira contrabalançada (que necessita de um espaço maior para a sua movimentação), com um contexto em que se utilizou a empilhadeira de mastro retrátil.

Já no comparativo de contextos que utilizam empilhadeiras de mastro retrátil com a trilateral, houve um ganho de 13,50% em capacidade de armazenagem quando a opção foi utilizar a segunda, fator limitado devido à altura do pé direito do armazém. Uma vez que, se a empilhadeira trilateral possuísse uma altura de elevação suficiente e o armazém fosse mais alto, possivelmente os ganhos seriam maiores. Sem deixar de considerar que a trilateral é a que permite uma maior eficiência no armazém, tendo em vista que possibilita 1,55 SKU/m².

A elevada discrepância de capacidade de armazenagem no comparativo entre a empilhadeiras contrabalançada e de mastro retrátil se deu, primeiramente pela questão da necessidade de um corredor maior pela primeira, e, por segundo, pela altura de alcance do mastro da segunda empilhadeira. A empilhadeira de mastro retrátil, por meio de seu alcance, permite a adição de dois andares na estrutura porta-paleta. Já na segunda comparação (empilhadeira de mastro retrátil *versus* trilateral), o ganho em capacidade se deu somente pela

questão da diminuição de largura do corredor, uma vez que as duas possuem capacidade de elevação referente ao mesmo número de andares de armazenamento no armazém em questão.

Outra forma de visualização dos ganhos no armazém, ocorre por meio das Figuras 9 e 10, nas quais são demonstrados, de forma esquemática, os leiautes do armazém-base, considerando-se a utilização da empilhadeira contrabalançada e da empilhadeira trilateral.

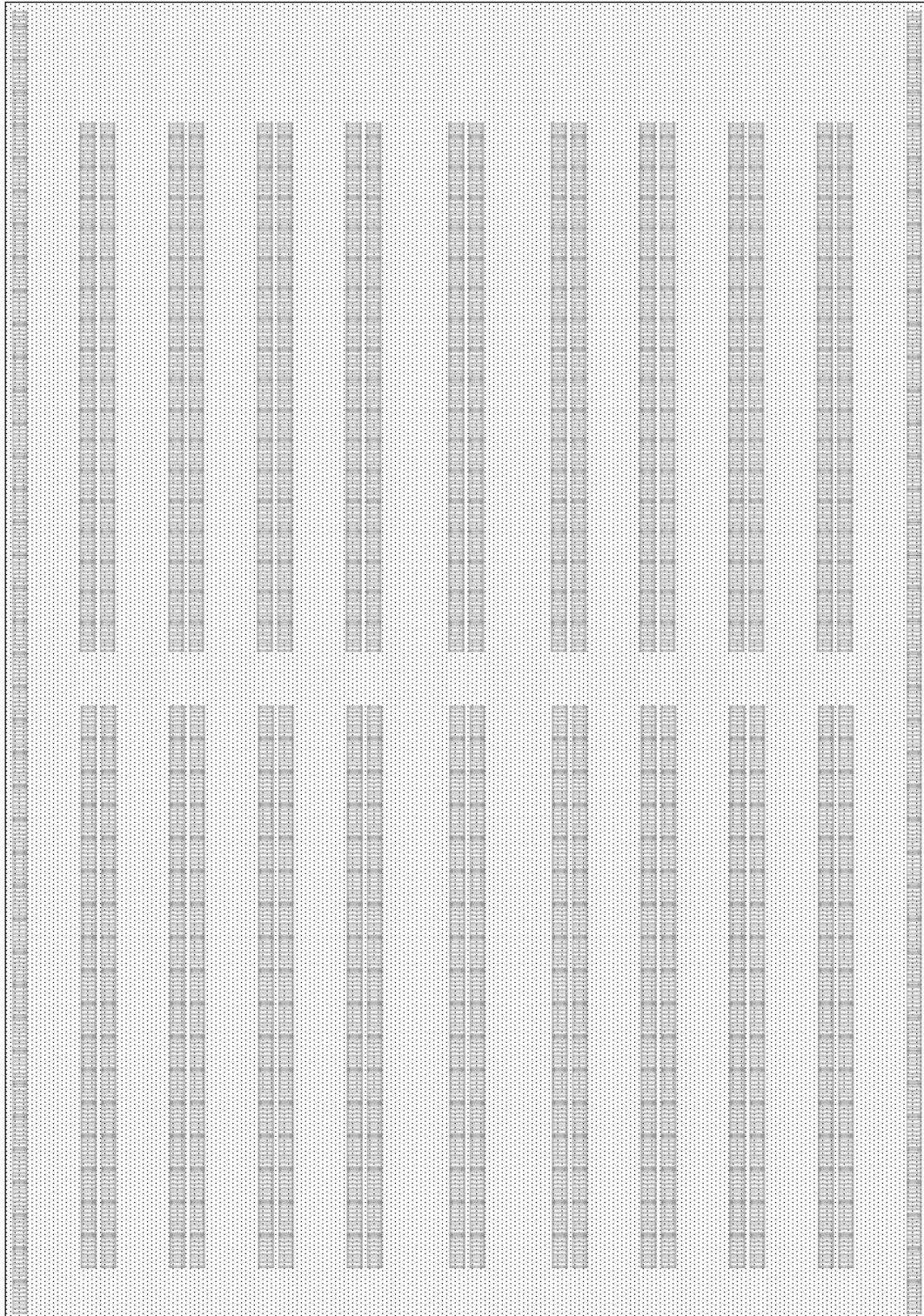


Figura 9 – Armazém-base para a movimentação da empilhadeira contrabalançada. Fonte: Autores (2017).

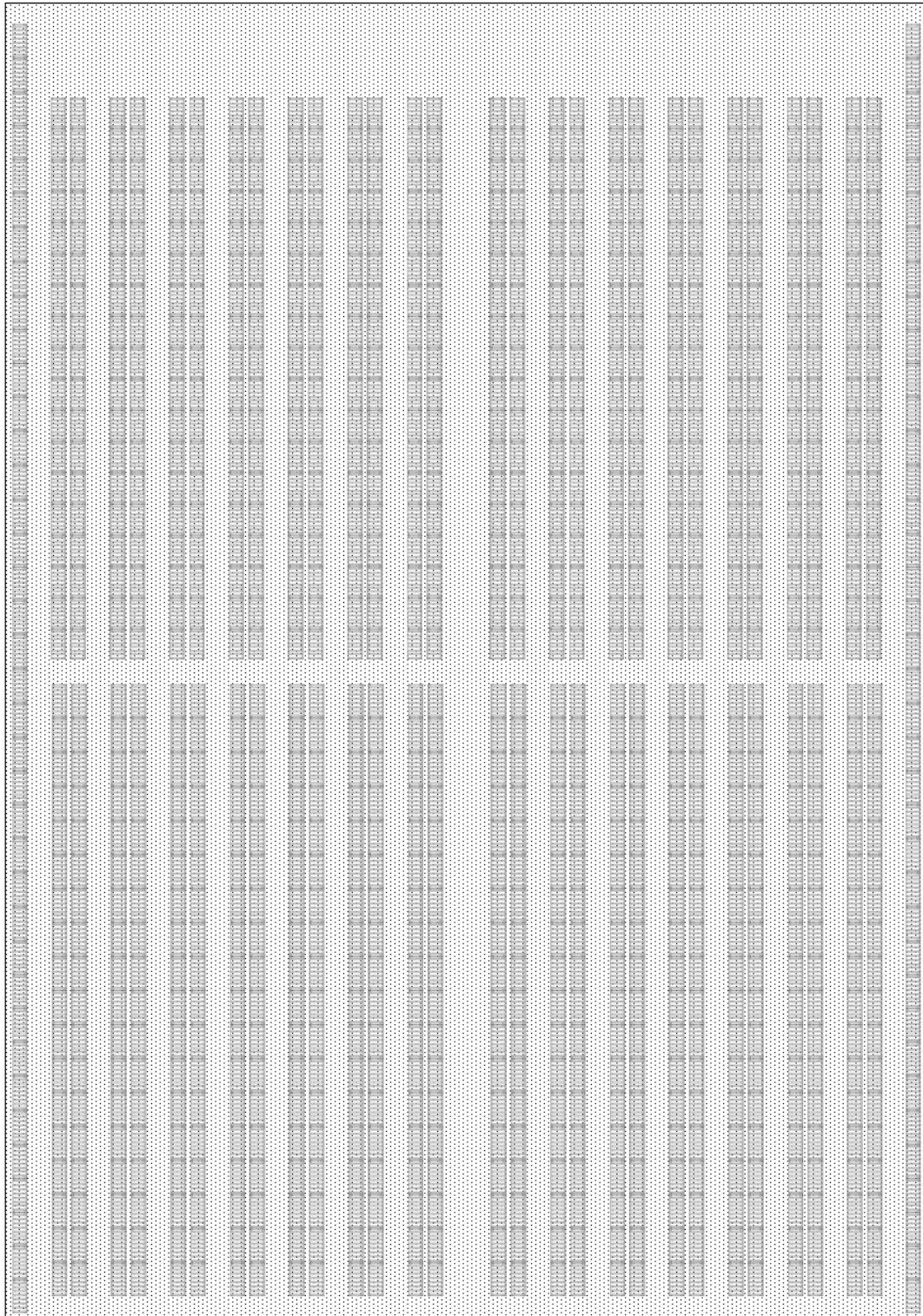


Figura 10: Armazém-base para a movimentação da empilhadeira trilateral. Fonte: Autores (2017).

Na Figura 9 demonstra-se a necessidade de corredores mais largos, para a garantia de movimentação da empilhadeira contrabalançada de forma segura. Diferente da Figura 10, na qual demonstrou-se o armazém com corredores mais estreitos para a movimentação da empilhadeira trilateral. Conseqüentemente, o armazém que transformar o espaço antes

destinado à movimentação em espaço para armazenagem, terá ganhos em capacidade devido ao aumento do número de blocos destinados à armazenagem de materiais.

4.2.2 Trade-off de espaço de armazenagem versus agilidade

O armazém-base comentado no tópico 4.2.1 possui apenas 1 rua central, porém, para facilitar a análise de ganhos em mobilidade, a quantidade de ruas centrais foi ampliada, permanecendo as demais dimensões (100m x 70m x 14m), uma vez que o número de corredores pode influenciar diretamente no tempo em que o empilhador realizará a etapa de movimentação do material para fora ou para dentro do armazém.

Isto posto, na Figura 11, com o armazém de 3 ruas centrais, foi oferecido um ganho de 134,17% em capacidade de armazenagem, quando optou-se pelo uso da empilhadeira de mastro retrátil a contrabalançada, além da redução no número de corredores, e 16,42% de ganho no mesmo quesito quando comparou-se a retrátil com a trilateral, além da redução do número de corredores.



Projeto	Tipo de Empilhadeira	Num. Corredores	Num. Andares	Capacidade do Armazém (SKU)	SKU/M²	Largura do corredor (mm)
C - CONTRAPESO	Contrabalançada	10,00	3,00	3.822,00	0,55	4.020,00
C - RETRATIL	Mastro Retrátil	13,00	5,00	8.950,00	1,28	2.496,00
C - TRILATERAL	Trilateral (Homem Embaixo)	15,00	5,00	10.420,00	1,49	1.800,00

Figura 11: Armazém-base com 3 ruas centrais. Fonte: Autores (2017).

Em contrapartida, na Figura 12 o armazém possui 4 ruas centrais, sendo possível perceber que na comparação da empilhadeira contrabalançada com a de mastro retrátil, houve um ganho de 137,97% em capacidade de armazenagem e de 18,03% na comparação da de mastro retrátil com a trilateral.



Figura 12: Armazém-base com 4 ruas centrais, Fonte: Autores (2017).

Os valores obtidos nas análises das Figuras 11 e 12 foram relativamente semelhantes, fato que caracterizou que, no armazém em questão, a capacidade de armazenagem foi pouco sensível à questão da adição de 3 ou 4 ruas centrais no âmbito da comparação entre equipamentos de movimentação de distintos tipos. Entretanto, como pode-se perceber, por meio da análise da Figura 13, ao comparar equipamentos de movimentação semelhantes em um armazém, a quantidade de ruas centrais gera um impacto maior na capacidade de armazenagem do mesmo.

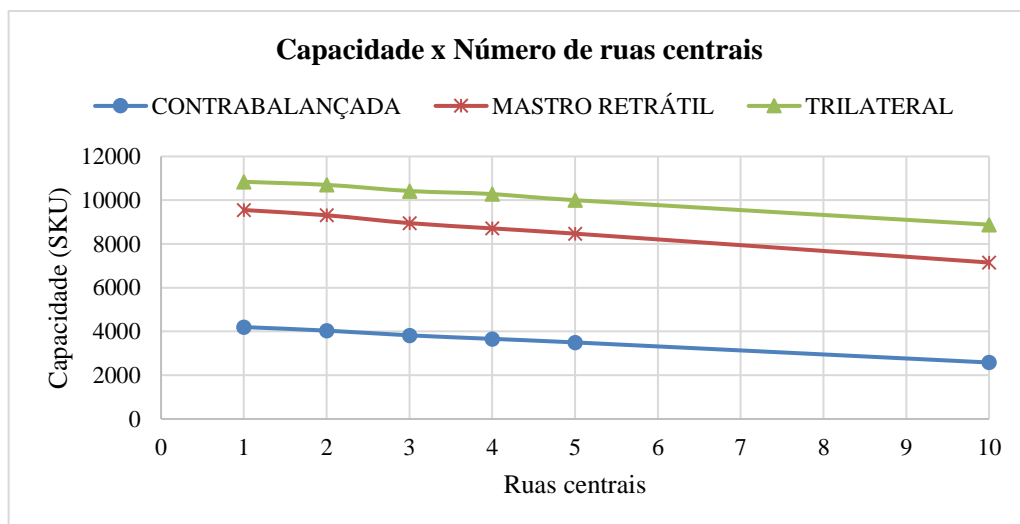


Figura 13: Ruas centrais *versus* capacidade de armazenagem. Fonte: Autores (2017).

Assim, percebeu-se que ao comparar os mesmos equipamentos, alterando somente o número de ruas centrais, quanto maior o número, menor será a capacidade de armazenagem da instalação, uma vez que o espaço que antes era destinado à armazenagem passou a ser de movimentação.

Todavia, uma maior quantidade de ruas centrais possibilitaria a diminuição do tempo de movimentação das cargas, uma vez que as ruas, por serem perpendiculares aos corredores, atuam como “atalhos” dentro do armazém até o caminho para a área de expedição. Fator que, dependendo da frequência de movimentação de cargas dentro do armazém, pode influenciar na redução do tempo de formação de pedidos, devido à diminuição dos deslocamentos e consequentemente dos gastos com combustíveis para o equipamento de movimentação de materiais, deixando a operação mais eficiente.

4.3 Proposta de novo leiaute para a empresa em estudo

De posse dos dados da empresa em estudo, o uso do programa computacional viabilizou a comparação entre cenário atual, no qual utiliza-se as empilhadeiras mastro retrátil e contrabalançada, mas tendo como referência a empilhadeira que necessita de mais espaço para movimentação (contrabalançada), a qual já existia na empresa antes da aquisição da retrátil. Sendo a retrátil adquirida para aumentar a capacidade de armazenagem no sentido de adição de andares na estrutura porta-paletes.

Atualmente, a empilhadeira contrabalançada possui a altura de elevação de 5 metros e a de mastro retrátil, altura de elevação de 9 metros. Nesse caso específico, a empresa utiliza a empilhadeira contrabalançada para dar mais agilidade à operação de carga e descarga de caminhões, uma vez que essa possui uma velocidade de operação maior, em torno de 19 km/h, ao passo que a de mastro retrátil é utilizada para alcançar as cargas que estão armazenadas nos andares mais altos da estrutura porta-paletes. Sem deixar de ressaltar que a empilhadeira contrabalançada é a única capaz de armazenar os paletes no interior dos caminhões na operação de expedição.

Na Figura 14, apresenta-se a comparação entre as duas empilhadeiras, considerando, respectivamente a utilização de empilhadeira contrabalançada e empilhadeira de mastro retrátil, a capacidade de armazenagem aumenta em 72,29%, podendo armazenar cerca de R\$696.000,00 (setecentos e noventa e seis mil reais) a mais em mercadorias, uma vez que o valor de um paletes equivale a R\$ 3.000 (três mil reais).

Percebe-se que a largura do corredor necessária para a movimentação da empilhadeira contrabalançada ficou igual à largura de corredor proposta para empilhadeira de mastro retrátil, apesar dessa empilhadeira exigir espaços para movimentação bem menores do que a empilhadeira contrabalançada. Tal resultado ocorreu pelo fato de, no caso específico das dimensões da instalação considerada no estudo, a folga gerada na simulação pela empilhadeira de mastro retrátil não ser suficiente para criar um novo corredor de movimentação, sendo esta folga, então, distribuída nos corredores já existentes.

Assim, percebe-se que a aquisição do equipamento retrátil pode não ter sido a mais eficiente, uma vez que a empresa só obteve ganhos da capacidade por meio da adição de andares à estrutura porta-palete e não em diminuição da largura do corredor.

Entretanto, é notório que com a utilização da empilhadeira de mastro retrátil, ocorreu uma melhoria do espaço disponível para armazenamento de materiais, ao acrescentar à instalação dois andares a mais na estrutura porta-palete. Ou seja, o espaço de movimentação passou a ter 72,13% mais paletes por metro quadrado (observar quantidade de SKU/m² na Figura 14).

Cliente	Projeto	Tipo de Empilhadeira	Num. Corredores	Num. Andares	Capacidade do Armazém (SKU)	SKU/M ²	Larg. corr.
TCC	EMPRESA	Contrabalançada	2,00	3,00	318,00	0,61	
TCC	EMPRESA	Mastro Retrátil	2,00	5,00	550,00	1,05	

Figura 14: Cenário atual da empresa em estudo. Fonte: Autores (2017).

Uma possibilidade de melhor otimizar tal espaço, seria a utilização de outro equipamento de movimentação, o qual a empresa não possui atualmente, e que necessitaria de um espaço menor para movimentar-se. Por meio do programa computacional desenvolvido nessa pesquisa, foi escolhida a empilhadeira trilateral, uma vez que esta consegue operar em corredores mais estreitos.

Pelos resultados apresentados na Figura 15 é possível perceber que o número de corredores crescerá em uma unidade e a capacidade do armazém aumentará em 148,42%, passando de 318 paletes para 790 paletes, ou seja, a empresa teria como armazenar R\$ 1.416.000 (um milhão e quatrocentos e dezesseis mil reais) a mais em mercadorias caso a empresa tivesse optado pela compra da trilateral ao invés da retrátil. Deixando evidente, o impacto que a adição de um corredor causa à uma instalação. Entretanto, levando em consideração o contexto atual (existência da retrátil), o ganho com a aquisição da trilateral seria de 43,63%, o que significa R\$720.000 (setecentos e vinte mil reais) a mais em mercadorias. Nesse último caso, a empresa

possuiria a trilateral parar o Armazém 3, onde há a necessidade de mais espaço para armazenagem, e a retrátil poderia ser destinada para os demais armazéns, ao passo que a contrabalançada continuaria auxiliando na operação de expedição.

Ao seguir os mesmos parâmetros de comparação, percebeu-se que a largura dos corredores reduziu em 59,27%, pelo fato de que a trilateral necessita de um espaço de movimentação relativamente menor, redução a qual foi transformada em espaço para armazenagem de materiais.



Projeto	Tipo de Empilhadeira	Num. Corredores	Num. Andares	Capacidade do Armazém (SKU)	SKU/M ²	Largura do corredor (mm)
EMPRESA	Contrabalançada	2,00	3,00	318,00	0,61	4.425,00
EMPRESA	Mastro Retrátil	2,00	5,00	550,00	1,05	4.425,00
EMPRESA	Trilateral (Homem Embaixo)	3,00	5,00	790,00	1,50	1.800,00

Figura 15: Comparação entre empilhadeira de mastro retrátil *versus* trilateral. Fonte: Autores (2017).

Outro fator é que, com a trilateral, consegue-se armazenar mais SKU em um mesmo espaço de armazenagem ao observar o metro quadrado. Com a empilhadeira mastro retrátil o SKU é de 1,05, enquanto que com a trilateral ele passa a ser de 1,5 e assim, fica claro que o espaço passa a ser melhor aproveitado em termos de armazenagem.

É válido ressaltar que o número de andares do leiaute proposto com a trilateral foi similar ao disponível com a retrátil, devido à altura do pé direito do armazém em questão. Então, em armazéns mais altos, possivelmente, ocorreria o acréscimo de mais andares disponíveis para armazenagem de materiais.

Diante do exposto, percebe-se que seria mais interessante para a empresa adquirir uma trilateral do que a retrátil, uma vez a mesma poderia gerar ganhos em capacidade tanto na adição de andares na estrutura porta-paletes quanto na diminuição da largura do corredor possibilitando, conseqüentemente, a adição de novos corredores. Assim, sugeriu-se que a empresa em estudo avaliasse a possibilidade de aquisição de uma empilhadeira trilateral para

aumentar a capacidade de armazenagem de seus materiais, necessitando também de adaptações do leiaute do armazém em questão, no que diz respeito ao estreitamento dos corredores. Evidenciando, assim, que é possível ganhar espaços de armazenagem por meio da escolha adequada dos equipamentos de movimentação.

Assim, a empresa deixaria de ter o leiaute conforme ao exposto na Figura 16 e passaria a ter um similar ao exposto na Figura 17.

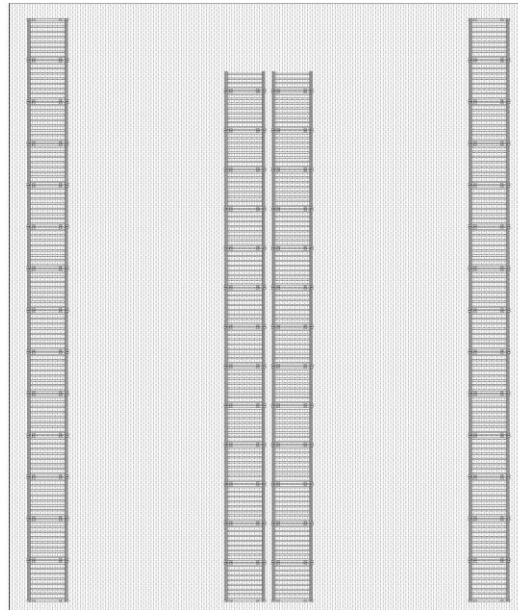


Figura 16: Leiaute atual da empresa em estudo desenvolvido no programa computacional. Fonte: Autores (2017).

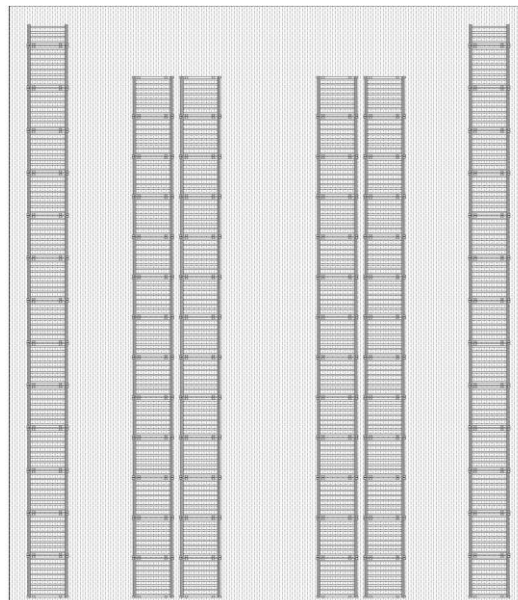


Figura 17: Leiaute proposto para empresa em estudo desenvolvido no programa computacional. Fonte: Autores (2017).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a integração mais efetiva da economia global e crescimento do *e-commerce*, as organizações são incentivadas a buscar novas estratégias para ganhar mercado e projetar seus produtos de forma competitiva. Por isso, tais empresas têm buscado a otimização de suas operações internas, sendo uma destas operações a de armazenagem, que ganha cada vez mais importância no ambiente em que o cliente precisa do bem no momento certo, já que o acesso a diversos fornecedores foi facilitado com a internet.

Nesse âmbito, o presente trabalho propôs-se a oferecer um modelo de seleção de empilhadeira com base na análise do *trade-off* entre o espaço de movimentação e o espaço de armazenagem de materiais. O qual passa a ser um suporte na tomada de decisão para a escolha de empilhadeiras, uma vez que tais influenciam diretamente na largura de corredores e, conseqüentemente, no dimensionamento de armazéns na área de armazenagem, o que pode acarretar em ganho ou diminuição de capacidade de armazenagem.

Isso pôde ser visualizado ao estudar um armazém de uma empresa localizada na cidade de Belém-PA. A qual, visualizando sua dificuldade de armazenar seus produtos em um de seus armazéns, adquiriu um equipamento do tipo retrátil. Entretanto, o mesmo não trouxe todos os ganhos que a mesma poderia ter obtido se analisasse outra possibilidade, como uma possível aquisição da trilateral.

Isto posto, a retrátil trouxe um aumento de 72,95% em capacidade de armazenagem, e possibilitou a adição de dois andares na estrutura porta-paleta. Entretanto, necessitou manter a largura do corredor em 4,42 metros, uma vez que devido as dimensões do armazém em questão, não foi possível adicionar um corredor a mais mesmo adquirindo um equipamento mais eficiente em termos de movimentação. Ou seja, o mesmo, trouxe ganhos somente no sentido vertical do armazém. Fato que poderia ter sido mais otimizado e assertivo se a empresa detivesse um meio de avaliar outras possibilidades que, no caso deste estudo, deu-se com a utilização do programa computacional desenvolvido. Onde foi simulado o contexto da aquisição da empilhadeira trilateral.

Assim, caso a empresa tivesse adquirido a trilateral ao invés da retrátil, a mesma teria como armazenar 148,42% a mais em mercadorias, resultando em um milhão e quatrocentos e dezesseis mil reais, somente com a adição de um corredor, deixando evidente o impacto do mesmo para armazenagem. Tal equipamento não possibilitaria a adição de um novo andar à estrutura porta-paleta somente devido a limitação da altura do armazém, caso contrário, geraria ganhos verticais e horizontais. Evidenciando, assim, que a troca do espaço de movimentação em espaço de armazenagem gera grande impacto a instalação.

Outro fator importante também constatado, foi que armazéns de grandes comprimentos, podem demandar de mais ruas para facilitar a mobilidade do equipamento e diminuir o tempo de operação. Todavia, quanto maior o número de ruas centrais, menor a capacidade de armazenagem. Então, os gestores da empresa devem analisar qual seria a sua prioridade para saber em qual quesito deveria dar ênfase em meio ao âmbito de dimensionamento de espaços para armazenagem.

Além disso, é importante ressaltar que, dependendo das dimensões do armazém, a troca de um equipamento de movimentação pode não alcançar a eficiência pretendida, como ocorreu na aquisição da retrátil na empresa em estudo, onde não foi possível aumentar a capacidade por meio do número de corredores.

Nesse âmbito, o programa desenvolvido pode ser utilizado não somente por quem deseja trocar o equipamento de movimentação atualmente utilizado e fazer ajustes em um armazém já existente, mas também por quem deseja construir armazéns novos, vender empilhadeiras ou oferecer serviços de consultorias na área.

Entretanto, deve-se levar em consideração que o programa permitiu analisar somente o *trade-off* entre espaço de movimentação e de armazenagem (contexto da pesquisa aqui desenvolvida), e armazéns reais possuem complexidades maiores, podendo tornar o programa aqui desenvolvido um recurso limitado ao se tratar de custos, tipos de pisos, combustível e particularidades de cargas, por exemplo. Tal fato demanda um estudo mais abrangente que englobe mais variáveis de um armazém, podendo isto ser considerado uma proposta para estudos futuros. Além da questão do crescimento de outros tipos de equipamentos de movimentação de materiais, com outras especificações para possibilitar diversos leiautes, ampliação do projeto do programa para considerar outras áreas dentro do leiaute a ser projetado, como a área destinada ao fracionamento e expedição de materiais, por exemplo.

Por fim, ressalta-se a grande importância e relevância do tema dentro da cadeia logística, uma vez que houve não só o desenvolvimento de um programa que facilite análises estratégicas voltadas para a escolha de equipamentos de movimentação de materiais, mas também a exposição de fórmulas que influenciam diretamente no desenvolvimento de leiautes de armazéns.

REFERÊNCIAS

- ALVES, P. R. **Estudo exploratório da adoção da tecnologia RFID no controle de estoque de almoxarifado com base na opinião da área operacional de usinas sucroalcooleiras**. Bauru: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2016.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial: gerenciamento da cadeia de suprimentos**. Bookman: Porto Alegre, 2006.
- BALLOU, R.H. **Logística empresarial: Transporte, administração de materiais e Distribuição Física**. São Paulo: Atlas, 2011.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **Infraestrutura no Brasil: Ajustando o foco**. Textos para discussão, 2016. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9914/1/TD_Infraestrutura__2016.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B.; BOWERSOX, J. C. **Gestão logística na cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- BOYSEN, N; BRISKORN, D; EMDE, S. Sequencing of picking orders in mobile rack warehouses. **European Journal of Operational Research**, v. 259, n. 1, p. 293-307, 2017. Disponível em :< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221716307986>>. Acesso em : 15 mai 2017.
- BRANCO, D. M. P. **Análise e melhoria de processos de um armazém: Caso de Estudo**. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2013.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 11**. Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais, 2004.
- BRASIL. Resultado do PIB 2015. **Ministério da Fazenda**. Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/noticias/2016/marco/resultado-do-pib-de-2015>>. Acesso em: 04 mar. 2017.
- CARVALHO, J. C. de. **Logística e gestão da cadeia de abastecimento**. Lisboa: Edições Sílabo, 2012.
- COLLIERS. Market Report Logístico. Relatório de mercado de condomínios logísticos classe A, 2015. **Colliers Internacional**, Brasil, 2015. Disponível em: < http://www.colliers.com/-/media/files/latam/brazil/marketreport/2008-2015/logistics_br/2015/mr_logistica_br_1t_2015_pt.pdf?la=pt-br>. Acesso em: 02 abr. 2017.
- DORNIER, P. P., ERNST, R, FENDER, M., KOUVELIS, P. **Logística e operações globais: texto e casos**. São Paulo: Atlas, 2000.
- FERREIRA, G.; BATTESINI, M. Otimização do arranjo dos locais de armazenamento de produtos em estoque de uma empresa varejista. **Ingeniería Industrial**. Actualidad y Nuevas Tendencias, Carabobo, v.5, n. 17, p. 61-74, 2017. Disponível em: <<http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/volv-n17/art04.pdf>>. Acesso em : 30 mar. 2017.

FRANCISCHINI, P. G.; GURGEL, F. do A. **Administração de materiais e do patrimônio**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo, Atlas: 2002.

HILL, C. W. L. ; JONES, G. R. ; SCHILLING, M. A. **Strategic Management : Theory**. 11 th edition. Stamford : Cengage Learning, 2014.

ILOS. **Panorama ILOS: Custos logísticos no Brasil**. Especialistas em Logística e Supply Chain : Rio de Janeiro : 2011.

ILOS. **Panorama ILOS: Custos logísticos no Brasil**. Especialistas em Logística e Supply Chain : Rio de Janeiro, 2016.

INTRA LOGÍSTICA, Movimentação e armazenagem de materiais. Tablets nos armazéns. São Paulo : **IMAM**, 2011. p. 42-44, n. 249, 2011.

JOHNSON, N. L.; KOTZ, S.; BALAKRISHNAN, N. **Continuous multivariate distributions**, volume 1, models and applications. New York: John Wiley & Sons, 2002.

JONES, G. R.; GEORGE, J. M. **Administração contemporânea**. São Paulo: AMGH, 2008.

JUNIOR, I. de B.; SPEJORIM, W. **Gestão estratégica de armazenagem**. Curitiba: IESDE, 2012.

KAYMAZ, Y.; SOYUER, H. A conceptual framework for the internet of things and warehouse management system integration. In : XIV. International Logistics and Supply Chain Congress. 2016, Izmir. **Proceedings**, Izmir : Ege University, 2016. p. 432-436.

LINK51. **Racking & Warehouse: Storage Guide**. England : 2013. Disponível em: <http://www.link51.com/racking-and-warehouse-storage-guide>. Acesso em : 2 abr. 2017.
MANTOVANI, F. P. **Proposta de melhoria do layout de um armazém de vidros automotivos**. Guaratinguetá : UNIP, 2015.

MOURA, R. A. **Armazenagem: do recebimento à expedição**. São Paulo : IMAM, 2003.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: Sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.

PALETRANS. **Manual PR16**. Cravinhos: Paletrans, 2017. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B5z20SMCWhPZFBpeWZqS3loLVE/view>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

PALETTA, M. A.; SILVA, A. G. **Otimizando o layout do armazém através da movimentação eficiente de materiais**. Jundiaí: Centro Universitário Padre Anchieta, 2009. Disponível em: <http://www.intellog.net/artigosnoticias/arquivos/artigo_layout.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2017.

PAOLESCHI, B. **Logística industrial integrada: do planejamento, produção, custo e qualidade à satisfação do cliente**. São Paulo: Érica, 2009.

RIBEIRO, P. C. C. ; MEYER, N. R. M.; FREITAS, R. I. M. de. **Uso de equipamentos e tecnologias em operadores logísticos**: Uma análise de estudos de caso e seus sistemas de distribuição. XIX SIMPEP, Bauru, 2012. Disponível em : <https://www.researchgate.net/profile/Priscilla_Cristina_Ribeiro/publication/265468354_USO_DE_EQUIPAMENTOS_E_TECNOLOGIAS_EM_OPERADORES_LOGISTICOS_UMA_ANALISE_DE_ESTUDOS_DE_CASO_E_SEUS_SISTEMAS_DE_DISTRIBUICAO/links/540fac1b0cf2df04e75a35ba/USO-DE-EQUIPAMENTOS-E-TECNOLOGIAS-EM-OPERADORES-LOGISTICOS-UMA-ANALISE-DE-ESTUDOS-DE-CASO-E-SEUS-SISTEMAS-DE-DISTRIBUICAO.pdf>. Acesso em : 18 nov. 2017.

RICHARDS, G. **Warehouse management**: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. 2 and edition. London: Kogan Page, 2014.

ROGERS, L. K. Data Capture Basics. Modern Materials Handling. SI: **MMH**, 2011. Disponível em: <http://www.mmh.com/view/equipment_101_data_capture_basics/D2>. Acesso em : 19 mar. 2017.

RUSHTON, A.; CROUCHER, P.; BAKER, P. **The handbook of logistics & distribution management**. London: Kogan Page Limited, 2010.

SILVA, A. de O. **Análise da gestão e movimentação de materiais em um centro de distribuição numa fábrica de sandálias** : Um estudo de caso. Campina Grande : Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Rev. Florianópolis: UFSC, 2005.

WORLD BANK. GDP at market prices: constant 2010 US\$. **World Bank Group**. Washington, 2017. Disponível em : <<http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?locations=US>>. Acesso em : 27 mar. 2017.

WUTTHISIRISART, P.; SIR, Mustafa Y.; NOBLE, James S. The two-warehouse material location selection problem. **International Journal of Production Economics**, v. 170, p. 780-789, 2015. Disponível em : <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552731500256X>>. Acesso em 30 mai. 2017.

YALE. **JP170-190VX**. YALE, 2017. Disponível em : <<http://www.yale.com/brasil/pt-br/product-overview/ice-trucks/GP170-190VX/>>. Acesso em : 20 nov. 2017.

ZHANG, G. ; NISHI, T. ; TURNER, S. D.O. ; OGA, K. ; LI, X. An integrated strategy for a production planning and warehouse layout problem: Modeling and solution approaches. **Omega**, v. 68, 2017.



Centro de Ciências Naturais e Tecnologia Curso de
Graduação em Engenharia de Produção Tv. Enéas
Pinheiro, nº 2626 - Marco
CEP: 66095-100 Belém - PA
www.uepa.br