

**CRIAÇÃO DE UM LAYOUT OTIMIZADO PARA O NOVO ALMOXARIFADO DE  
UMA FÁBRICA DE PRODUTOS ODONTOLÓGICOS**

**CREATION OF AN OPTIMIZED LAYOUT FOR THE NEW STORAGE FACILITY  
OF A DENTAL PRODUCTS FACTORY**

LUCAS DIAS BARBOSA (aluno)

OLÍVIA TOSHIE OIKO (orientador)

**Resumo**

*Para melhorar o atendimento das necessidades dos clientes e para se manter competitiva, se faz necessária a criação e implementação de um layout apropriado em uma empresa de produtos odontológicos na região de Maringá. Este trabalho propôs um sistema de endereçamento e a alocação de itens no armazém da empresa em estudo. Para a alocação, foram desenvolvidas e comparadas três propostas. As duas primeiras foram consideradas soluções teóricas, cada uma priorizando um critério diferente: minimizar o deslocamento vertical (feito a partir de empilhadeiras), a partir da análise da massa dos itens ou minimizar o deslocamento total no armazém, a partir da popularidade do item (frequência de uso). Estas propostas foram denominadas “modelo pirâmide” e “modelo esfera”, respectivamente, devido a distribuição de massa dentro do armazém, decorrente da priorização destes critérios únicos. A partir destas duas propostas, uma terceira foi desenvolvida conciliando estes dois critérios, além da complementaridade de itens utilizados pelos diversos setores. As três propostas foram comparadas a partir dos indicadores Movimentação Vertical e Frequência de Utilização. Como era de se esperar, a terceira proposta, embora não tenha o melhor desempenho em nenhum dos indicadores, acomoda as diversas restrições operacionais da empresa.*

**Palavras-chave:** *Layout; Armazém; Endereçamento em Armazém.*

## **Abstract**

*To improve the fulfillment of the customer needs and to keep competitive, the creation and implementation a fitting layout for a dental products company in the region of Maringá appears to be necessary. This paper proposes an addressing and allocation system for items in the focused company. For the allocation, three proposals were developed. The two first ones were considered theoretical solution, each one prioritizing a different criterion: minimizing the vertical displacement (done by forklifts), from the analysis of the mass of the items, or minimizing the total movement in the warehouse, from the popularity of each item (usage frequency). The proposals were called “pyramid model” and “sphere model”, respectively, due to the distribution of mass in the warehouse, consequence of the unique criteria. From the proposals, a third one was developed blending the other two, as well as the complementarity of the items distributed in several sectors. The three proposals were compared based on the indexes of Vertical Movement and Frequency of Utilization. As expected, the third option, though it does not have the best performance on none of the indexes, it fits all the many operational constraints of the company.*

**Key-words:** *Layout; Storage facility; Addresses in a warehouse.*

## **Introdução**

Dentre as várias estratégias para alcançar um nível ótimo de atendimento ao cliente, existem os estoques, auxiliando no sentido de aumentar a confiabilidade da organização em entregar o produto desejado para o cliente no momento em que o produto é necessitado. A empresa de produtos odontológicos Maquira, utiliza-se desse conceito de estoque por todo o seu processo produtivo, e até recentemente as atividades relacionadas com os estoques estavam sendo realizadas de maneira satisfatória.

Devido ao foco no atendimento às necessidades dos clientes e fornecimento de produtos diferenciados ao mercado, a demanda por produtos cresceu de forma acelerada requerendo um aumento na capacidade de estocagem de produtos. Para atender a este requisito e também para uma melhor organização e distribuição das matérias primas, foi tomada a decisão de construir um novo almoxarifado maior e atualizado para atender as necessidades atuais e futuras da empresa.

A definição de um layout otimizado para o novo almoxarifado acarreta em benefícios tanto para a área produtiva, reduzindo distâncias e aumentando a segurança de matérias primas, mas também pode apresentar um aumento na produtividade com a redução de tempo por movimentação de produtos, o que pode ter um impacto direto no lucro da empresa. A parte estrutural foi definida com engenheiros e também com a empresa responsável pela construção, provendo a oportunidade a este trabalho para a definição da localização de cada item dentro do novo prédio.

A definição do layout do almoxarifado é parte vital para a conclusão do mesmo, por isso a justificativa para todos os esforços que este trabalho irá requerer se encontra nas causas de se ter um novo almoxarifado. Essas causas podem ser entendidas como quantidades maiores de matéria prima estão sendo utilizadas na atualidade, devido ao bom serviço prestado ao cliente, ou pelos produtos bem desenhados para atender as necessidades requeridas à demanda da empresa e além disso, o aumento de produtos no portfólio teve o mesmo efeito no consumo de matéria-prima, exigindo maior espaço do almoxarifado. Além do mais, o layout contribui com a redução ou eliminação de desperdícios como o transporte excessivo de produtos e a movimentação desnecessária de colaboradores.

Por isso, o objetivo deste trabalho é alocar os produtos que o almoxarifado estará lidando dentro do novo armazém de modo a otimizar os indicadores de movimentação vertical e/ou frequência.

Nas próximas seções deste trabalho se encontram as revisões de alguns conceitos de logística, como diferentes definições e conceitos de valor logístico para todas as partes interessadas, adicionalmente as revisões de almoxarifado e alocação auxiliarão no entendimento de conceitos citados durante o trabalho e foram estes conceitos que formaram a base para o trabalho como um todo. No item quatro, o trabalho discorre sobre as etapas de coleta de dados, cálculos e desenvolvimento tanto de sistemas de endereçamento quanto de modelos ótimos para referenciar o layout final. O item cinco reúne todas as considerações finais e conclusões alcançadas no decorrer da execução do trabalho, e também fornece as possibilidades para trabalhos que possam se inspirar ou basear-se no presente artigo.

## **Logística e estocagem**

Além de vista como função essencial para organizações por muitos profissionais, a logística é considerada como um processo que cria valor ao produto. Existem várias definições de logística comumente aceitas. Assegurar a disponibilidade do produto certo na quantidade certa e na condição certa, no lugar certo, no tempo certo, para o cliente certo no custo certo (USAID | DELIVER PROJECT, 2011) é uma das versões da definição logística que foi adotada pelo Council of Logistics Management (CLM), uma segunda definição é a de que a “logística é aquela parte do processo da cadeia de abastecimento que planeja, implementa e controla o fluxo e estocagem eficiente e eficaz de produtos, serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem ao ponto de consumo a fim de atender as necessidades dos clientes”. Ou ainda, uma definição mais simples diz que “logística é a administração de materiais em movimento e o objetivo do gerente de logística é atingir o nível de investimento e inventário consistente com a garantia do serviço ao cliente e manutenção da produção eficiente” (MOURA *et al.*, 2004).

De acordo Larrañaga (2008) a logística tem um papel vital para uma empresa ou para uma economia como um todo, sendo vista no comércio regional e internacional como fator fundamental. Porém ainda não é claro, a partir de nenhuma dessas definições, qual é o valor criado pela logística, o valor deve ser entendido partindo da maneira em que se é utilizado e gerenciado tempo e lugar.

Uma parte do valor de um produto esteja relacionado a habilidade de o cliente comprá-lo no lugar certo no momento certo é um exemplo sugerido para se entender o valor da logística. Uma variável binária sobre a logística pode ser extraída se for feita uma interpretação literal: ou o produto chega conforme especificado e a logística ajuda a criar valor, ou o produto não chega conforme especificado e nenhum valor foi criado pela logística. Entretanto, isso não é uma boa representação dos vários níveis de serviço e correspondente grau de valor que a logística pode oferecer. Por mais que o valor da logística esteja implícito, a real definição de valor continua não declarada (MOURA *et al.*, 2004).

Objetivando assegurar sua satisfação, o processo logístico então cria valor ao cliente. Além disso, a meta do profissional da logística funda-se no conceito de oferecer ao cliente altos níveis de serviço. Portanto, serviço ao cliente se tornou um componente-chave de qualquer definição de logística que sugere algum conceito de valor.

As empresas podem seguir diferentes definições de valor logístico. Alguns exemplos são (MOURA *et al.*, 2004):

- O Valor logístico é fornecer o produto certo no preço, tempo e lugar certo, sem erro, com consistência ao longo do tempo.
- O valor da logística é “a melhoria na utilidade do tempo e lugar, redução no custo e melhoria na apresentação do produto”.
- O objetivo dos processos logísticos é maximizar a qualidade dos produtos/serviços (Valor para o cliente), buscando ao mesmo tempo maximizar a produtividade e a realização de preço (valor para o acionista).
- O valor logístico é oferecer aos nossos clientes e consumidores o que eles estão procurando.
- Valor logístico é ouvir, aprender, entender e criar entusiasmo no cliente.
- O valor da logística aumenta o retorno para as empresas via aumento de faturamento, redução de estoques, redução de custo com satisfação do cliente através da melhoria da qualidade.

## **Armazenagem**

Segundo Moura *et al.* (2004), a função mais importante da armazenagem é o gerenciamento do espaço e tempo. O espaço sempre é uma restrição a ser respeitada, tendo isso em mente, bons gestores utilizam o espaço disponível eficientemente. Restando ainda o gerenciamento do tempo, que também pode ser entendido como mão de obra, que por sua vez é substancialmente mais difícil de gerenciar do que o espaço.

- **Almoxarifado**

Almoxarifado, também conhecido como armazém ou depósito, é o local destinado para a alocação temporária de materiais, não utilizado apenas para produtos em processo. Com este tipo de estrutura armazenando seus produtos, é facilitado o atendimento de clientes e também o recebimento de insumos dos seus fornecedores (DIAS, 2009).

As finalidades básicas que um sistema de movimentação deve atender em uma organização são redução de custo, aumento de capacidade produtiva, melhores condições de trabalho e melhor distribuição. Para a redução de custos, equipamentos mecânicos de movimentação podem reduzir custos com mão de obra. Maneiras de transporte e armazenamentos mais inteligentes podem reduzir custos relacionados a perdas, limpeza e até custos referentes a acidentes de pessoal. A capacidade produtiva pode aumentar devido a rapidez da entrega, o aumento de

espaço para armazenagem ou uma melhor distribuição dos itens dentro do armazém. Um aumento na segurança, redução da fadiga ou um ambiente mais confortável para os colaboradores melhoram as condições de trabalho. Finalmente as melhorias na circulação, nos serviços aos clientes e na disponibilidade, junto com a otimização da localização do almoxarifado levarão a uma melhor distribuição (DIAS, 2009).

- **Alocação**

Ainda bem representados nos dias de hoje dentre as atividades realizadas pelos gerentes de logística, o controle de custos se mostra uma popular ferramenta, porém não muito eficaz. Todavia, outras prioridades que podem ser mais críticas para o futuro de sua empresa são destacadas em um novo modelo que tem realce no século XXI chamado gerenciamento de cadeia de abastecimento. O diferencial no campo da logística empresarial, na maior parte da história, foi o controle e a redução do custo da função logística. Além de controle de custos, também é esperado do gerente de logística que atua no mundo dos negócios, controle o custo de compra, estocagem e gerenciamento dos produtos, e a distribuição e entrega destes produtos para o consumidor final (MOURA *et al.*, 2004).

Dentro das atividades realizadas em uma empresa, mais de 20% são atividades que são caracterizadas como movimentação, este percentual em alguns casos pode chegar a metade das atividades que acontecem na mesma. A mão de obra alocada somente para estes tipos de atividades pode ter seus custos reduzidos para frações do valor original variando de 90% até possíveis 70% (IVANQUI, 1997).

Para um projeto de desenvolvimento ou de melhoramento de um almoxarifado os indicadores de desempenho do mesmo serão os valores que irão mostrar qual o melhor layout para se aplicar. Esses indicadores podem ser entendidos como indicadores de volume, densidade, seletividade, critérios de controle, velocidade, flexibilidade e custo de estoque. Indicador de volume armazenado mostram as quantidades totais de itens em estoque dentro da área limitada para estes. A Seletividade irá indicar a facilidade que os colaboradores têm de acessar cada item dentro do almoxarifado. Critérios de controle determinam como cada item do armazém será sequenciado para a utilização, sequenciamentos como FIFO ou LIFO são exemplos de critérios de controle. A Velocidade de ciclo é medida desde o ato de receber um item, armazenar e destiná-lo para o próximo cliente. A Flexibilidade envolve a habilidade de se ajustar a restrições

diferentes das enfrentadas atualmente. Finalmente o Custo de estoque representa os custos totais de instalações estruturais e equipamentos utilizados para movimentação (NEVES, 2017).

Para Martins e Alt (2006), modelos intuitivos para localização no estoque levam em consideração principalmente: a Complementaridade, que busca dispor em locais próximos itens com saída associada; a Compatibilidade, certificando a compatibilidade entre itens antes de dispor em locais próximos; Popularidade, dispondo mais próximo à saída itens com maiores taxas de giro, visando minimização do deslocamento total; e Tamanho, que utiliza o volume como critério para definição da localização.

No armazém, a qualidade é traduzida em exatidão no recebimento e no embarque, no controle eficiente das avarias e no rápido tratamento das reclamações dos clientes. No século 21, com a oportunidade de habilitar o seu cliente a ver todas as operações que são executadas dentro do armazém, ter essa visibilidade na cadeia de abastecimento também é considerada um sinal de qualidade. Um passo inicial no gerenciamento da produtividade do armazém é listar as suas metas, afinal se você não sabe para onde está indo, qualquer caminho te levará lá. Quando as metas são listadas, o segundo passo é determinar as prioridades. Qual está em primeiro lugar, qual está em segundo, e assim por diante. Algumas metas para armazém podem ser: “Lide com mais produtos e com menos pessoas, onde pessoas representam a necessidade de correção de erros no processo; atraia e retenha as melhores pessoas de seu setor; movimente mais produtos no mesmo tempo”. Após a listagem e uma cuidadosa análise de como estas metas se aplicam à suas operações, a priorização dessas metas deve ser o seu resultado final. Partindo das metas já priorizadas, o próximo passo é a construção de regras para que se possa atender as metas delimitadas para este armazém, por exemplo, para delimitar endereços em que certos itens podem ser armazenados, estas regras são teóricas e por isso devem ser modificadas ou adaptadas para cada caso. As regras começam com uma delimitação macro dos itens a serem armazenados, os grupos podem ser separados por dimensões, níveis de estoque, ou características especiais (MOURA *et al.*, 2004).

## **Desenvolvimento**

A empresa Maquira está no mercado odontológico desde 2003, conquistando assim a comercialização de seus produtos na região nacional e em mais de 35 países. Nos últimos anos, apresentou crescimentos significativos, em média de 30% ao ano de faturamento, o que se dá devido ao aumento do mix de produtos, qualidade, preço acessível e desenvolvimento de todas

as áreas estratégicas da empresa, assim se tornando ainda mais competitiva no mercado de produtos odontológico.

### **Escopo do trabalho**

Para início das atividades de desenvolvimento do layout do almoxarifado, foi realizada uma busca de todos os itens a serem alocados em paletes presentes na organização. Todos estes dados representam todos os tipos de produtos vendidos, produzidos ou comprados. Para o almoxarifado em questão, foram desconsiderados os produtos em processo (PP) e os produtos Acabados (PA). Visto que os produtos em processo se encontram dentro de sua respectiva linha de produção, e os produtos acabados são destinados para o armazém da expedição. A empresa já possui um banco de dados com os valores para lote econômico, ponto de reposição, frequência de utilização de cada item armazenado.

A Quadro 1 traz os dados coletados filtrados para todos os itens que serão destinados para o setor do bicarbonato. Eles ilustram os dados utilizados para o cálculo das necessidades de alocação dos 293 itens que foram abrangidos neste estudo:

Quadro 1 - Dados referentes ao setor do bicarbonato

<b>Nome</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidade</b>	<b>Setor de destinação</b>	<b>Ponto de Pedido</b>	<b>Lote Econômico</b>	<b>Consumo médio mensal (kg)</b>
Item 044	MP	UN	BICARBONATO	77.431	174.219	204,17
Item 112	PI	KG	BICARBONATO	400	980	1111,28
Item 113	PI	KG	BICARBONATO	400	366	479,33
Item 197	MP	UN	BICARBONATO	2.000	5.000	7,54

Fonte: Autoria própria (2017)

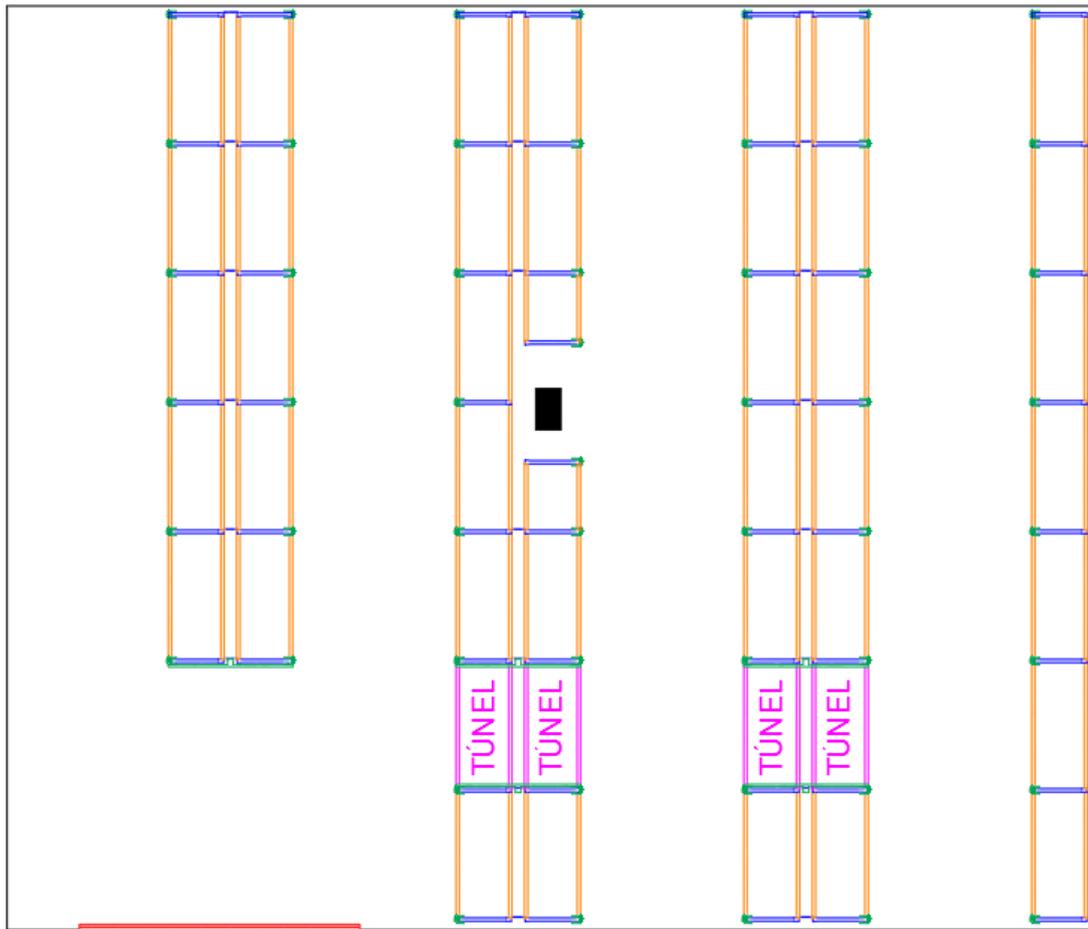
Neste quadro cada linha contém os detalhes de cada item, estes detalhes são:

- Nome: o nome do item que representa a linha. Neste trabalho, os nomes dos itens foram substituídos pela expressão “Item” seguida de um número sequencial.
- Tipo: categoria do item, podendo ser matéria-prima (MP), material de consumo (MC) ou produto intermediário (PI).

- **Unidade:** A unidade de compra e utilização do item na empresa. As unidades são representadas por CM (centímetro), CX (Caixa), DZ (dúzia), GR (gramas), KG (quilogramas), MT (metro), PC (peça), PT (pacote) e UN (unidade).
- **Setor de destinação:** Cada item no almoxarifado tem um setor de destino que depende do produto final que este item irá compor.
- **Ponto Pedido:** são os valores ótimos de reposição de cada item. Estes valores foram calculados e fornecidos pelo setor de compras da empresa. Os produtos com ponto de pedido igual a zero são produtos de rápida reposição, logo só são comprados quando este item não existe mais em estoque.
- **Lote Econômico:** são os valores ótimos do tamanho do lote de compra para cada item. Estes valores foram calculados e fornecidos pelo setor de compras da empresa.
- **Consumo médio mensal (kg):** valores observados em dados históricos da empresa registrados no sistema, e com os valores de densidade de cada unidade, estes valores já estão em unidade de massa (quilograma). Essa conversão se mostrou necessária para unificar as unidades de medidas das necessidades de cada item.

Ainda dentro da estratificação dos dados, alguns produtos que são muito leves e que são armazenados em prateleiras não foram considerados, pois são armazenados em outra região do armazém. Esta área de prateleiras torna mais prático a busca e separação de item pequenos ou até mesmo itens que são armazenados em garrafas de vidro. A área das prateleiras também recebe o mesmo tratamento quanto ao endereçamento de itens nos corredores e nas prateleiras, e para esclarecer a diferença entre os endereços das áreas de armazenamento dentro do almoxarifado, a primeira letra do endereçamento se torna essencial. Neste trabalho, foram considerados somente os itens acondicionados em paletes, na área ilustrada pela Figura 1, que representa a área de paletes da planta baixa do novo almoxarifado.

Figura 1 – Área de paletes da planta baixa do novo armazém



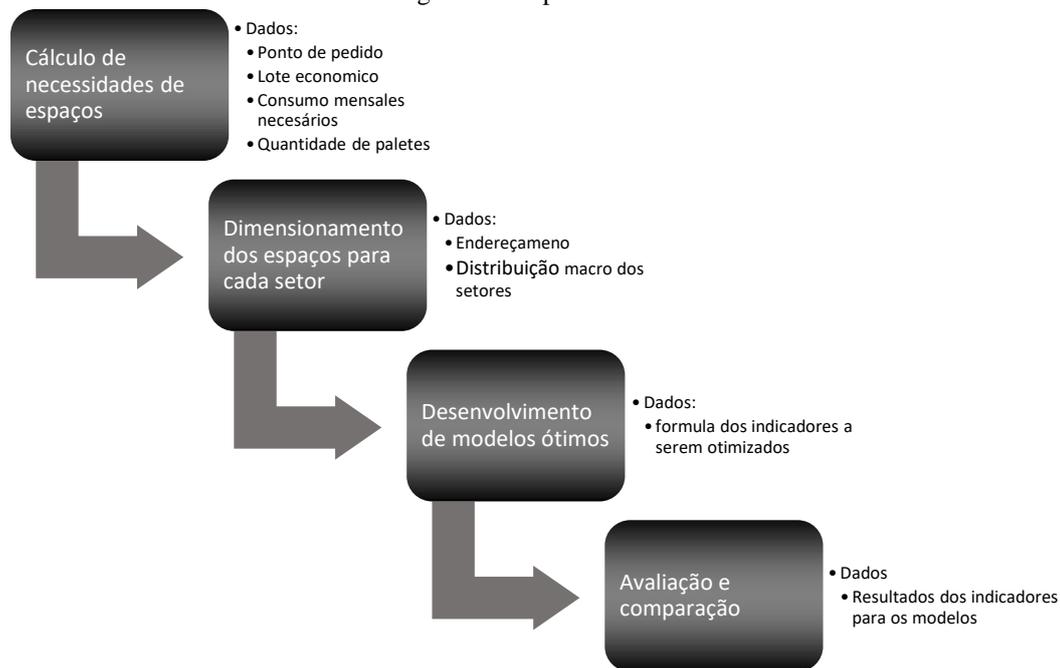
Fonte: Autoria própria (2017)

A nova área construída tem mais de 580 m<sup>2</sup> sem contar com área de quarentena ou prateleiras para itens pequenos. Se restringindo apenas a parte que recebe os porta-paletes, esta nova estrutura disponível para a empresa representa uma área 10% maior para armazenagem comparada com a antiga estrutura inteira, com uma vantagem de área de 23m<sup>2</sup>, além disso, a verticalização desta nova estrutura foi melhor planejada e desenhada especificamente para ser um armazém de materiais, disponibilizando 150 espaços a mais para que paletes possam ser armazenados.

### **Etapas de desenvolvimento e método**

O fluxograma ilustrado na Figura 2 representa a sequência de atividades realizadas no trabalho.

Figura 2 - Etapas do trabalho



Fonte: Autoria própria (2017)

Conforme o trabalho era desenvolvido a dificuldades de obter informações dava lugar à complexidade de processamento das informações coletadas.

### **Cálculo de necessidades de espaços**

O cálculo das necessidades de espaço para cada item considerou que a entrega do novo pedido acontece assim que o item atinja o volume do ponto de pedido. Portanto a massa requerida é a soma da massa do lote econômico com a massa do ponto de pedido. Para o cálculo de número de paletes requeridos, a massa requerida é dividida por 1000 quilos, que representa a capacidade máxima de um palete a ser armazenado.

O Quadro 2 mostra estes resultados para o setor do bicarbonato.

Quadro 2 - Necessidades dos itens do setor do bicarbonato

<b>Nome</b>	<b>Unidade</b>	<b>Setor de destinação</b>	<b>Ponto de Pedido</b>	<b>Lote Econômico</b>	<b>Massa Requerida (kg)</b>	<b>Número de paletes requeridos</b>
Item 044	UN	BICARBONATO	77.431	174.219	2.516,50	3
Item 112	KG	BICARBONATO	400	980	1.380,00	2
Item 113	KG	BICARBONATO	400	366	766,00	1
Item 197	UN	BICARBONATO	2.000	5.000	70,00	1

Fonte: Autoria própria (2017)

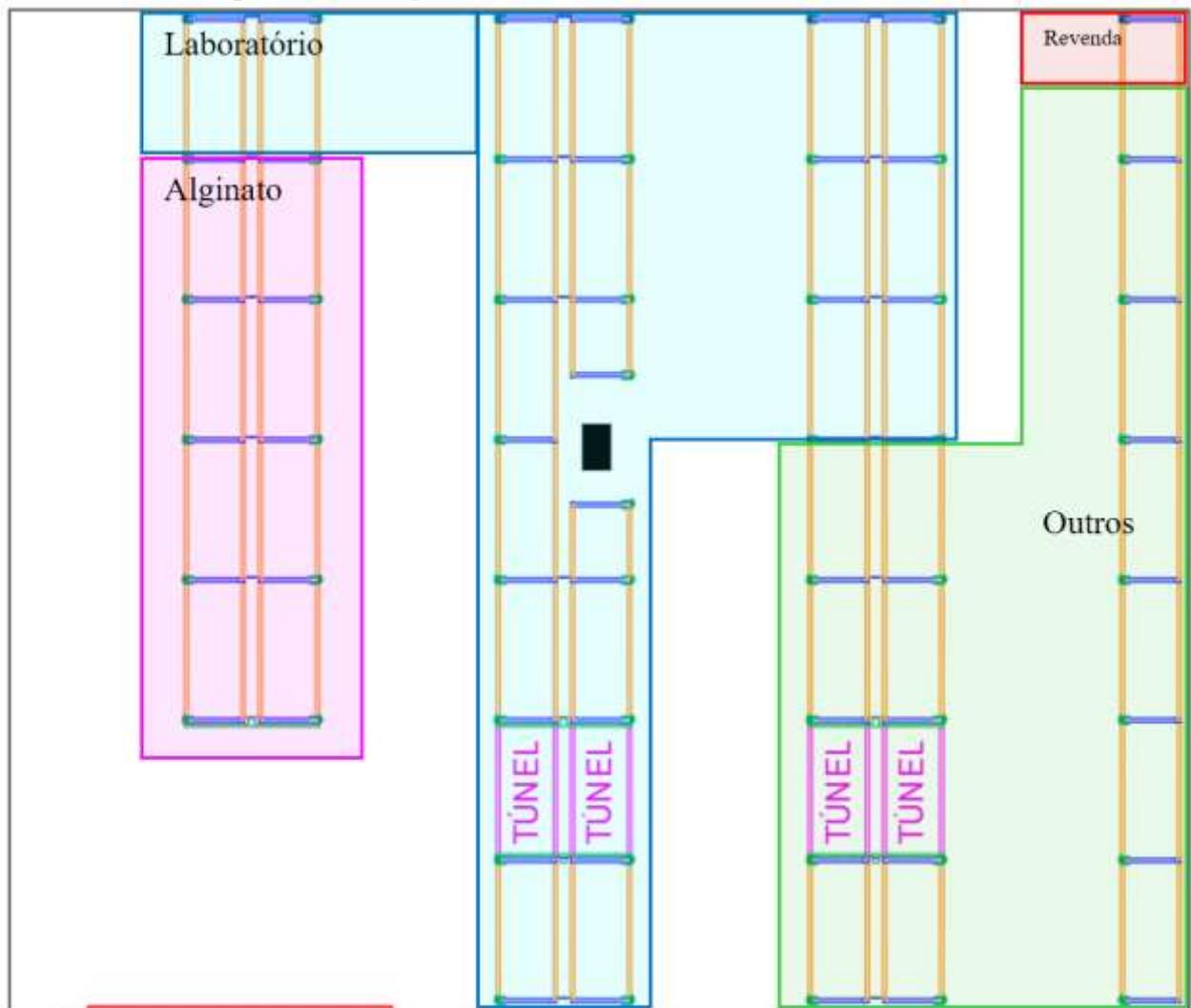
Com esses valores já se torna possível saber se a capacidade do armazém é suficiente para acomodar os todos os itens seguindo as condições de entrega instantânea.

O resultado foi de 415 paletes demandados em um armazém cujo a capacidade é de 424 espaços para paletes. Por esse fato essa consideração será mantida por todo o trabalho.

### Dimensionamento dos espaços para cada setor

A equipe que desenvolve atividades dentro do almoxarifado requisitou que os itens destinados ao mesmo setor ficassem próximos entre si, e que se procurasse deixar os itens com maior utilização próximos à saída. Assim, foi feita uma distribuição macro dos itens no armazém a partir dos critérios: Complementaridade e Popularidade. A distribuição macro dos setores pela nova planta pode ser vista na Figura 3.

Figura 3 - Distribuição dos setores destino dentro do novo almoxarifado



Fonte: Autoria própria (2017)

Nessa figura pode se entender como as primeiras restrições quanto a localizações foram dadas para uma melhor associação e entendimento dos colaboradores envolvidos com as atividades do armazém. Os lugares delimitados como “TÚNEL” são endereços de capacidades nulas, estes

foram removidos para habilitar um melhor fluxo de equipamentos e pessoas por esta área do armazém.

## **Endereçamento**

Foi desenvolvido um modelo de endereçamento que possa ser de fácil entendimento para os colaboradores que irão lidar com a organização, busca e movimentação de itens dentro do almoxarifado, e também conveniente para cálculos de distância, visto que estes cálculos fornecerão alguns dos parâmetros utilizados para o cálculo dos indicadores de desempenho.

O modelo de endereçamento tem 5 componentes:

1º Letra A representa a área do armazém destinada à alocação dos paletes.

Para facilitar o entendimento dos colaboradores e pessoas que estiverem em contato com este armazém, a letra “A” tem-se como uma adição aos endereços para diferenciar as áreas de porta-paletes (área A), das áreas de prateleiras (área B) ou até da quarentena, visto que todas estas áreas seguem um mesmo modelo base de endereçamento, podendo confundir ou até gerar erros no momento de armazenagem ou separação.

1º) O primeiro componente numérico do endereço indica em que porta-paleta o item se localiza. Este componente vai de 1 a 7 iniciando do lado esquerdo do armazém e indo até o lado direito.

2º) O segundo componente numérico do endereço indica em que parte desta estante o item se localiza. Este componente vai de 1 a 7, com o menor número estando sempre mais perto da parte de baixo do armazém.

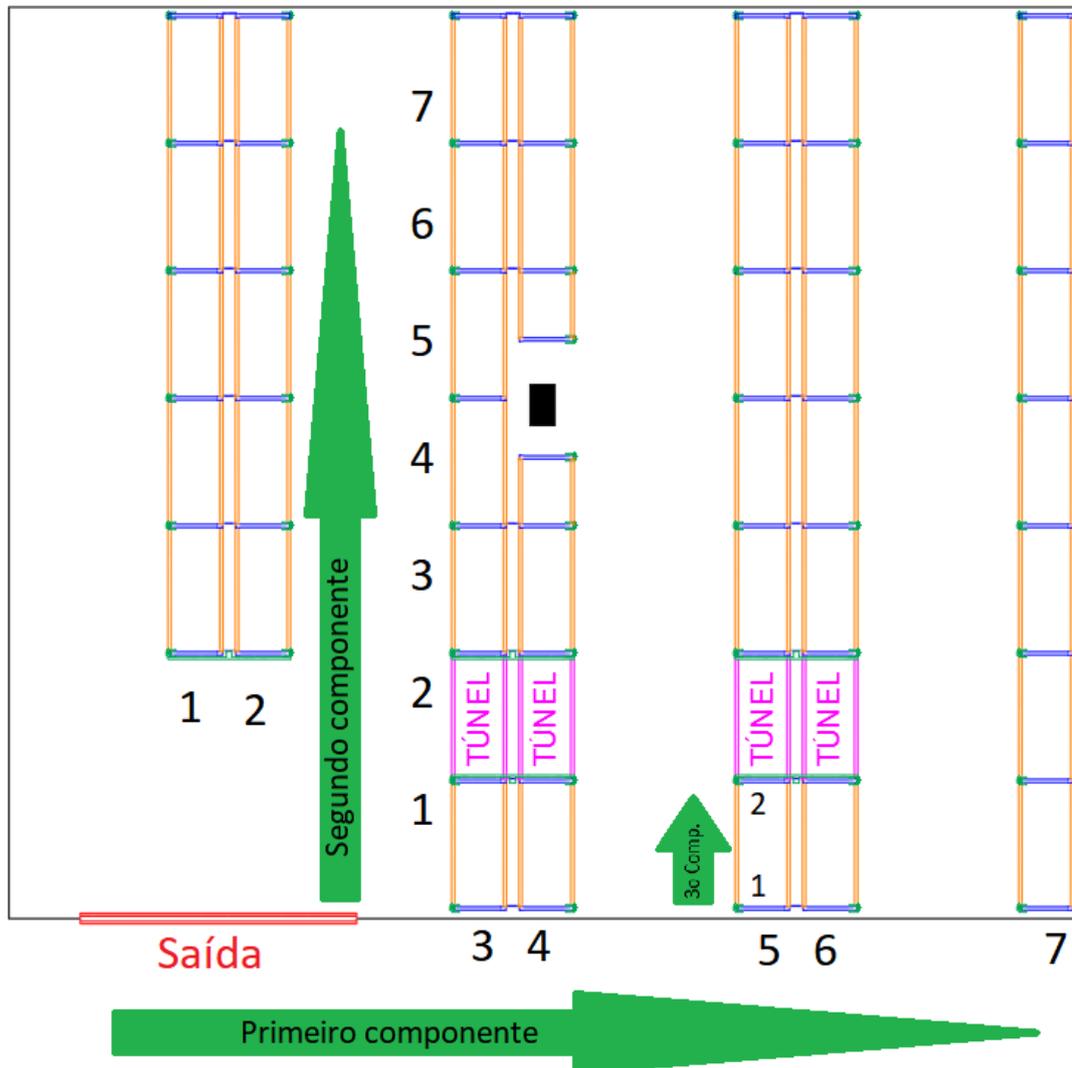
3º) O terceiro componente numérico do endereço indica em que subparte desta estante o item se localiza. Este componente vai de 1 a 2, com o menor número estando sempre mais perto da parte de baixo do armazém.

4º) O quarto e último componente numérico do endereço indica em que nível de altura desta estante o item se localiza. Este componente vai de 1 a 5, crescendo do chão até o último nível mais próximo do teto.

Para maior simplicidade, durante o uso da planilha, foi omitida a primeira componente do endereço, já que na parte tratada por este trabalho, ela será sempre “A”. Por isso, o endereço será usualmente representado somente por uma sequência de 4 dígitos numéricos.

A Figura 4 exhibe na planta baixa do novo armazém do primeiro ao terceiro componentes numéricos do endereçamento e como são implementados.

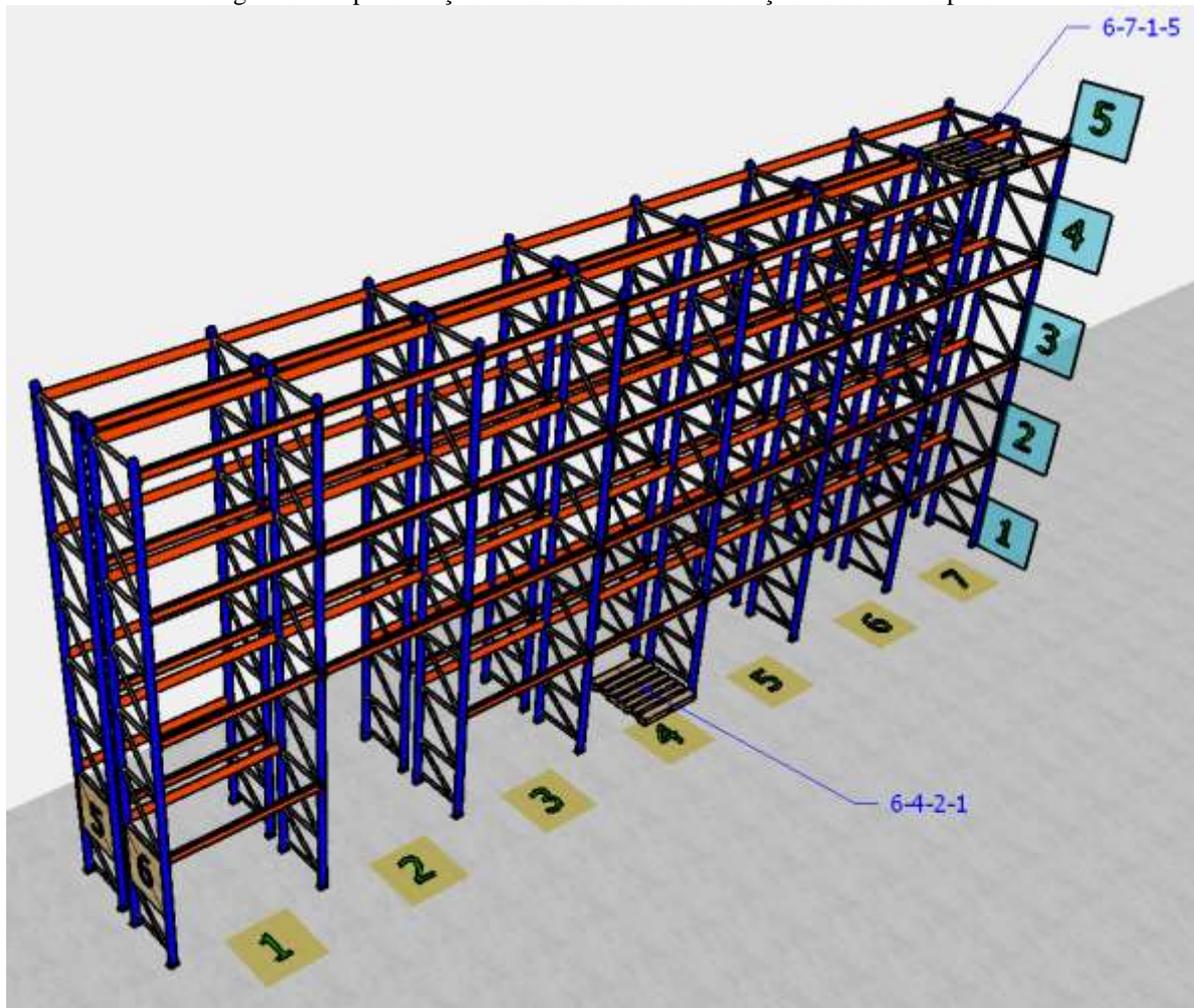
Figura 4 - Componentes do endereçamento



Fonte: Autoria própria (2017)

A Figura 5 mostra em uma representação tridimensional como os componentes do endereçamento se distribuem em uma parte do armazém, e também dois exemplos de endereços dentro desta representação.

Figura 5 - Representação tridimensional dos endereços e exemplos



Fonte: Autoria própria (2017)

A maioria das combinações de componentes formam um endereço válido, exceto no caso onde o porta-paleta é o número 1 ou 2, pois nestes dois momentos, o segundo componente numérico só irá existir até o número 5 e não 7 como nos outros porta-paletes. No caso dos túneis ou do pilar, os endereços onde estas estruturas existem, porém a capacidade de armazenagem desses endereços é nula.

### **Desenvolvimento de propostas a partir de critérios únicos**

Três opções de alocação foram desenvolvidas utilizando critérios de alocação diferentes com o banco de dados deste trabalho com o intuito de criar referências quanto aos indicadores de desempenho. Estes modelos lógicos foram feitos para que se obtenha os menores valores dos indicadores, porém não foram levadas em consideração o agrupamento macro dos

departamentos nos dois primeiros modelos. Os indicadores usados para comparar estes modelos e também o layout final do projeto são a movimentação vertical (MV) e a frequência de utilização (FU).

A MV pode ser entendida como o trabalho realizado pelo equipamento para mover uma vez cada palete dentro do armazém. Esse indicador é obtido a partir da Equação 1 onde  $h_i$  é a altura em que o paleta  $i$  se encontra e  $M_i$  é a massa média do paleta  $i$ , e  $n$  é o número total de paletes dentro do armazém.

$$MV = \sum_{i=1}^n h_i \times M_i$$

Equação 1 – Indicador de movimentação vertical

Fonte: Autoria própria

A FU, representada na Equação 2, é encontrada a partir da soma das multiplicações da frequência, ou consumo mensal do item  $i$  ( $f_i$ ) pela distância total a ser percorrida até a saída do armazém partindo do endereço do paleta que comporta o item  $i$  ( $D_i$ ), essa distância é obtida pela soma da distância horizontal e a altura do endereço.

$$FU = \sum_{i=1}^n f_i \times D_i$$

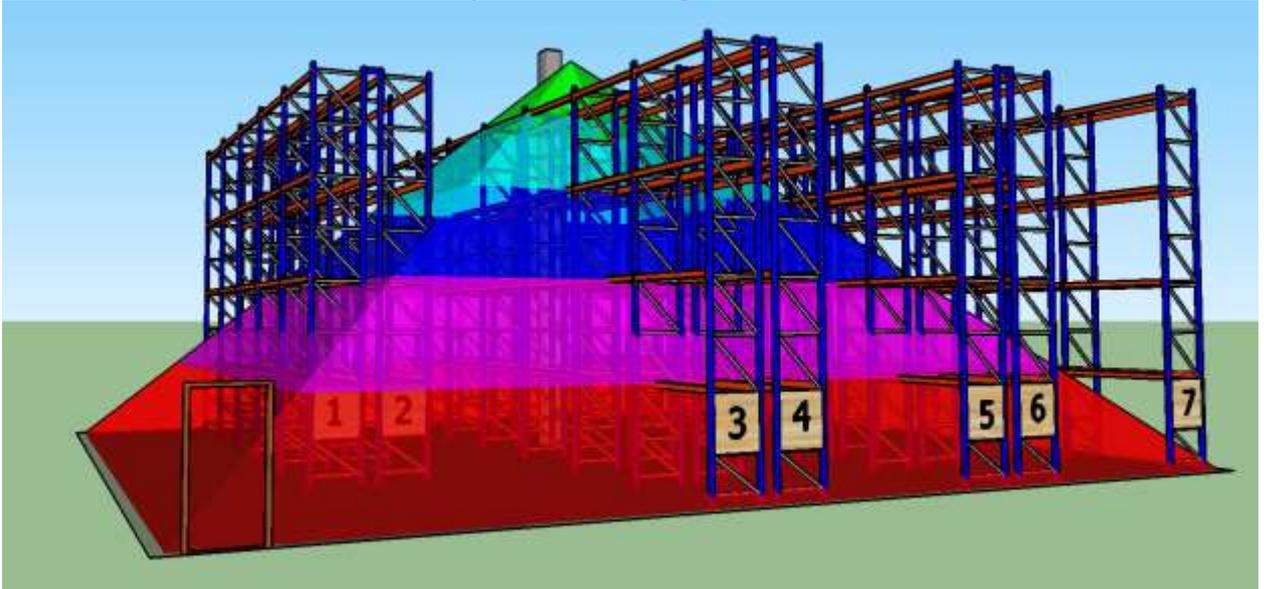
Equação 2 – Indicador de frequência de utilização

Fonte: Autoria própria

### **Opção 1: Modelo “Pirâmide”**

Este modelo tem como ideia inicial dispor os paletes dentro do armazém, de modo a priorizar os paletes com os maiores valores de massa por paleta a ser localizado. Portanto os paletes pesados tenderão a ficar mais próximos do chão enquanto os paletes mais leves serão armazenados nos níveis mais altos. Uma representação de como as massas se distribuem dentro do armazém pode ser vista na Figura 6.

Figura 6 - Modelo de pirâmide



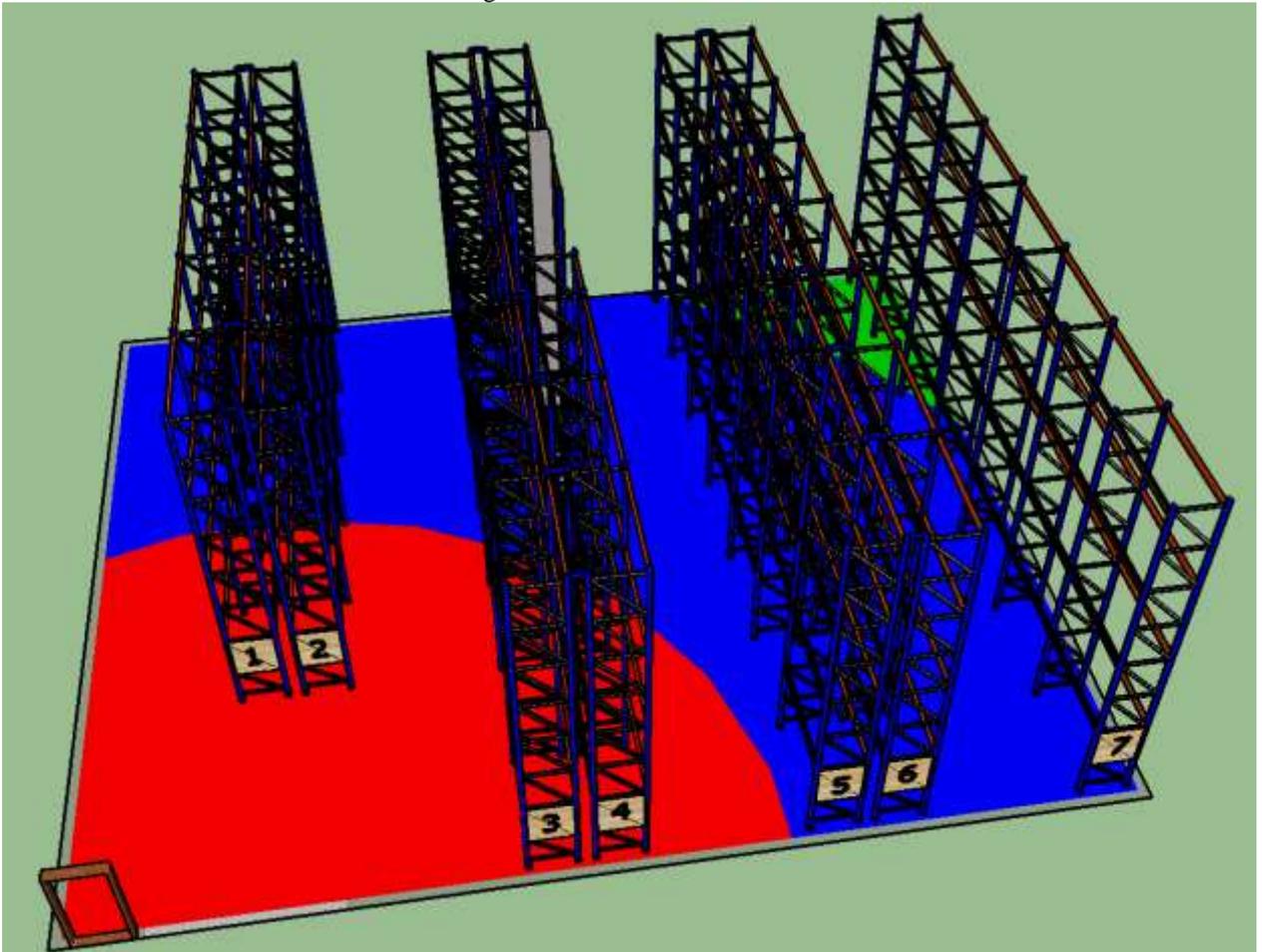
Fonte: Autoria própria (2017)

O vermelho na figura representa os paletes mais pesados e a cor vai ficando mais clara conforme o nível vai subindo, indicando uma redução na massa dos paletes. Este modelo resulta em um menor resultado para MV, vendo que as massas mais significantes estão sendo multiplicadas pelas menores alturas.

## Opção 2: Modelo “Esfera”

Este modelo tem como ideia principal a disposição dos paletes com um maior consumo mensal o mais próximo possível da porta de saída. A Figura 7 mostra como as frequências ficam distribuídas dentro do armazém.

Figura 7 - Modelo de esfera



Fonte: Autoria própria (2017)

Na Figura 7, o vermelho representa a área onde os paletes que comportam os produtos com a maior frequência estarão localizados, a cor vai mudando até o canto superior direito onde a distância para a porta de saída é maior, resultando em produtos com menor frequência. Este modelo resulta em um menor resultado para FU, vendo que as frequências mais significantes estão sendo multiplicadas pelas menores distâncias.

### Opção 3: Modelo “Equilibrado”

Para esta opção, as restrições macro de distribuição dos setores foram levadas em consideração. Dentro de cada área delimitada de um setor foi dado preferência para os itens mais frequente ficarem nos endereços mais próximos da saída, enquanto os itens mais pesados tinham preferência para os endereços mais baixos. O instrumento para facilitar a alocação dos itens nos endereços foi uma matriz que associava os itens com os endereços.

Figura 8 - Matriz de alocação de itens

Títulos das Linhas		Títulos das Colunas		Distância		Distância		Distância		Distância		Distância		Distância		Distância		Distância		
Item	Sector	Qtd. paletes requeridos	Massa/paleta	Endereço completo	Altura (m)	Dist. (m)	Dist. total até a porta(m)	(1) Componente	(2) Componente	(3) Componente	(4) Componente	Endereço completo	Altura (m)	Dist. (m)	Dist. total até a porta(m)	(1) Componente	(2) Componente	(3) Componente	(4) Componente	
Item 113	BICARBONATO	1,00	755,0	1111 1112	0 1,85	8,59 10,4	8,59 10,4	1 1	5 5 5 5 5 5 5 5	7 7 7 7 7 7 7 7	7 7 7 7 7 7 7 7	7514 7515 7521 7522 7523 7524 7525 7513 7725	0 1,85	24,3 25,6 25,6 25,6 25,6 26,7 26,7 26,7	24,3 25,6 25,6 25,6 25,6 26,7 26,7 26,7	1 1	5 5 5 5 5 5 5 5	7 7 7 7 7 7 7 7	7 7 7 7 7 7 7 7	7 7 7 7 7 7 7 7
Item 197	BICARBONATO	1,00	70,0																	
Item 044	BICARBONATO	3,00	838,8																	
Item 112	BICARBONATO	2,00	690,0																	

Fonte: Autoria própria (2017)

A Figura 8 representa a matriz que representa a alocação dos produtos com suas características nos endereços implantados, cada coluna dessa matriz representa um endereço com suas características como distâncias e também disponibilidade. Nos títulos das colunas se encontram todos os 4 componentes do endereço e a combinação destes formando o próprio endereço. Por exemplo, a combinação de estar no quinto porta-paleta, na sétima seção deste porta-paleta, na segunda posição e no primeiro nível (chão) resultaria no endereço A5721.

Na segunda parte do cabeçalho se encontram a altura, distância horizontal e distância total do respectivo endereço. Na parte da distância total tem uma barra vermelha em cada célula que representa visualmente o quão próximo/longe este endereço está da saída, a barra aumenta conforme os endereços vão se distanciando. Para o exemplo do endereço A5721, a distância vertical (altura) é de zero pois o paleta se encontra no chão, logo a distância total é igual a distância horizontal a se percorrer que é de 26,7 metros.

As linhas desta tabela representam características de cada item. Nos títulos de cada linha (lado esquerdo da figura) se encontram: nome do item, o setor no qual esse item será destinado, a quantidade de paletes requeridas para este item e a média da massa de cada paleta que contenha esse item.

Ainda dentro desta tabela tem-se a linha e coluna de indicação, que foi usada durante o desenvolvimento do layout. A linha de indicação se encontra logo abaixo da distância total do endereço, ela tem a utilidade de indicar se o endereço está ocupado por um palete ou se está disponível. Os endereços que já foram alocados ficam marcados com a cor verde. Os endereços ainda disponíveis ficam destacados na cor amarela, conforme é possível visualizar no lado direito da Figura.

A coluna de indicação está logo à direita da coluna “massa/ palete”. Esta coluna indica as atuais necessidades de cada item em número de paletes. As células dessa coluna ficam verde quando o toda a necessidade de paletes daquele item foi preenchida, e quando aparece um número em vermelho, significa que aquele item ainda tem paletes que precisam ser alocados. Dentro de cada área delimitada por um setor, os itens com mais de um palete de necessidade foram distribuídos em endereços adjacentes tanto na vertical como na horizontal, ainda se mantendo dentro da área delimitada para o setor de destinação. A alocação iniciava com os itens mais populares e os endereços com menor distância total. Os itens relativamente pesados se distribuem horizontalmente para que os itens mais leves possam ocupar os endereços mais altos. Os itens relativamente leves tem sua distribuição mais verticalizada, para que os endereços vizinhos na horizontal possam ser ocupados por itens pesados, não forçando estes itens a serem alocados em endereços altos.

A alocação final foi compilada no Quadro 3, que demonstra apenas o endereço e qual item será alocado neste.

Quadro 3 - Endereços para cada item

<b>End.</b>	<b>Item</b>								
A1111	Item 172	A1514	Item 153	A2422	Item 171	A3414	Item 161	A4122	Item 078
A1112	Item 172	A1515	Item 121	A2423	Item 171	A3415	Item 133	A4123	Item 079
A1113	Item 172	A1521	Item 121	A2424	Item 148	A3421	Item 131	A4124	Item 077
A1114	Item 172	A1522	Item 120	A2425	Item 174	A3422	Item 186	A4125	Item 077
A1115	Item 172	A1523	Item 151	A2511	Item 141	A3423	Item 144	A4213	Item 077
A1121	Item 172	A1524	Item 154	A2512	Item 143	A3424	Item 138	A4214	Item 213
A1122	Item 172	A1525	Item 125	A2513	Item 045	A3425	Item 160	A4215	Item 006
A1123	Item 172	A2111	Item 172	A2514	Item 124	A3511	Item 152	A4223	Item 038
A1124	Item 172	A2112	Item 172	A2515	Item 155	A3512	Item 157	A4224	Item 019
A1125	Item 172	A2113	Item 172	A2521	Item 142	A3513	Item 137	A4225	Item 043
A1211	Item 172	A2114	Item 172	A2522	Item 146	A3514	Item 156	A4311	Item 043
A1212	Item 172	A2115	Item 172	A2523	Item 123	A3515	Item 187	A4312	Item 111
A1213	Item 172	A2121	Item 188	A2524	Item 147	A3521	Item 162	A4313	Item 032
A1214	Item 172	A2122	Item 172	A2525	Item 130	A3522	Item 119	A4314	Item 029
A1215	Item 172	A2123	Item 172	A3111	Item 008	A3523	Item 145	A4315	Item 249
A1221	Item 172	A2124	Item 172	A3112	Item 008	A3524	Item 122	A4321	Item 017
A1222	Item 172	A2125	Item 172	A3113	Item 008	A3525	Item 139	A4322	Item 192
A1223	Item 172	A2211	Item 172	A3114	Item 008	A3611	Item 135	A4323	Item 010
A1224	Item 172	A2212	Item 172	A3115	Item 008	A3612	Item 166	A4324	Item 205
A1225	Item 172	A2213	Item 172	A3121	Item 008	A3613	Item 165	A4325	Item 205
A1311	Item 175	A2214	Item 172	A3122	Item 008	A3614	Item 150	A4411	Item 020
A1312	Item 175	A2215	Item 172	A3123	Item 008	A3615	Item 126	A4412	Item 026
A1313	Item 175	A2221	Item 172	A3124	Item 008	A3621	Item 170	A4413	Item 026
A1314	Item 175	A2222	Item 172	A3125	Item 030	A3622	Item 163	A4414	Item 027
A1315	Item 175	A2223	Item 172	A3213	Item 028	A3623	Item 159	A4415	Item 004
A1321	Item 175	A2224	Item 172	A3214	Item 076	A3624	Item 129	A4521	Item 018
A1322	Item 175	A2225	Item 174	A3215	Item 076	A3625	Item 169	A4522	Item 005
A1323	Item 175	A2311	Item 175	A3223	Item 076	A3711	Item 183	A4523	Item 003
A1324	Item 175	A2312	Item 175	A3224	Item 075	A3712	Item 184	A4524	Item 200
A1325	Item 175	A2313	Item 175	A3225	Item 075	A3713	Item 128	A4525	Item 202
A1411	Item 046	A2314	Item 175	A3311	Item 075	A3714	Item 134	A4611	Item 002
A1412	Item 046	A2315	Item 175	A3312	Item 118	A3715	Item 136	A4612	Item 236
A1413	Item 046	A2321	Item 175	A3313	Item 118	A3721	Item 132	A4613	Item 115
A1414	Item 046	A2322	Item 175	A3314	Item 118	A3722	Item 168	A4614	Item 021
A1415	Item 046	A2323	Item 175	A3315	Item 118	A3723	Item 149	A4615	Item 034
A1421	Item 047	A2324	Item 173	A3321	Item 001	A3724	-	A4621	Item 237
A1422	Item 047	A2325	Item 174	A3322	Item 013	A3725	Item 013	A4622	Item 031
A1423	Item 046	A2411	Item 171	A3323	Item 167	A4111	Item 013	A4623	Item 024
A1424	Item 046	A2412	Item 171	A3324	Item 185	A4112	Item 013	A4624	Item 014
A1425	Item 174	A2413	Item 171	A3325	Item 117	A4113	Item 007	A4625	Item 015
A1511	Item 164	A2414	Item 171	A3411	Item 114	A4114	Item 011	A4711	Item 016
A1512	Item 164	A2415	Item 171	A3412	Item 140	A4115	Item 025	A4712	Item 240
A1513	Item 153	A2421	Item 171	A3413	Item 127	A4121	Item 025	A4713	Item 232

Continua na próxima página

Quadro 4 - continuação

<b>End.</b>	<b>Item</b>								
A4714	Item 218	A5511	Item 216	A6223	Item 290	A6711	Item 054	A7414	Item 060
A4715	Item 198	A5512	Item 035	A6224	Item 293	A6712	Item 065	A7415	Item 284
A4721	Item 287	A5513	Item 227	A6225	Item 084	A6713	Item 063	A7421	Item 066
A4722	Item 009	A5514	Item 271	A6311	Item 080	A6714	Item 094	A7422	Item 095
A4723	Item 235	A5515	Item 273	A6312	Item 080	A6715	Item 226	A7423	Item 285
A4724	Item 036	A5521	Item 264	A6313	Item 091	A6721	Item 098	A7424	Item 093
A4725	Item 288	A5522	Item 225	A6314	Item 087	A6722	Item 099	A7425	Item 041
A5111	Item 253	A5523	Item 260	A6315	Item 090	A6723	Item 062	A7511	Item 057
A5112	Item 230	A5524	Item 257	A6321	Item 081	A6724	Item 244	A7512	Item 055
A5113	Item 248	A5525	Item 258	A6322	Item 081	A6725	Item 097	A7513	Item 068
A5114	Item 243	A5611	Item 262	A6323	Item 092	A7111	Item 208	A7514	Item 056
A5115	Item 214	A5612	Item 267	A6324	Item 106	A7112	Item 209	A7515	-
A5121	Item 247	A5613	Item 268	A6325	Item 103	A7113	Item 210	A7521	-
A5122	Item 203	A5614	Item 116	A6411	Item 082	A7114	Item 211	A7522	-
A5123	Item 266	A5615	Item 101	A6412	Item 082	A7115	Item 275	A7523	-
A5124	Item 238	A5621	Item 101	A6413	Item 104	A7121	Item 050	A7524	-
A5125	Item 252	A5622	Item 101	A6414	Item 102	A7122	Item 051	A7525	-
A5213	Item 219	A5623	Item 101	A6415	Item 110	A7123	Item 049	A7611	Item 181
A5214	Item 261	A5624	Item 101	A6421	Item 039	A7124	Item 052	A7612	Item 180
A5215	Item 012	A5625	Item 101	A6422	Item 039	A7125	Item 276	A7613	Item 179
A5223	Item 042	A5711	Item 044	A6423	Item 039	A7211	Item 277	A7614	Item 176
A5224	Item 265	A5712	Item 044	A6424	Item 091	A7212	Item 278	A7615	Item 177
A5225	Item 221	A5713	Item 112	A6425	Item 037	A7213	Item 228	A7621	Item 281
A5311	Item 242	A5714	Item 112	A6511	Item 048	A7214	Item 220	A7622	Item 178
A5312	Item 263	A5715	Item 197	A6512	Item 048	A7215	Item 229	A7623	Item 270
A5313	Item 250	A5721	Item 044	A6513	Item 059	A7221	Item 279	A7624	Item 269
A5314	Item 234	A5722	Item 113	A6514	Item 064	A7222	Item 280	A7625	Item 100
A5315	Item 251	A5723	Item 088	A6515	Item 109	A7223	Item 231	A7711	Item 033
A5321	Item 222	A5724	Item 085	A6521	Item 083	A7224	Item 194	A7712	Item 182
A5322	Item 199	A5725	Item 086	A6522	Item 083	A7225	Item 193	A7713	-
A5323	Item 022	A6111	Item 069	A6523	Item 096	A7311	Item 215	A7714	-
A5324	Item 292	A6112	Item 107	A6524	Item 061	A7312	Item 212	A7715	-
A5325	Item 259	A6113	Item 195	A6525	Item 108	A7313	Item 070	A7721	Item 033
A5411	Item 245	A6114	Item 196	A6611	Item 283	A7314	Item 204	A7722	Item 053
A5412	Item 241	A6115	Item 286	A6612	Item 283	A7315	Item 246	A7723	Item 053
A5413	Item 201	A6121	Item 069	A6613	Item 071	A7321	Item 215	A7724	Item 053
A5414	Item 217	A6122	Item 067	A6614	Item 074	A7322	Item 070	A7725	Item 053
A5415	Item 223	A6123	Item 274	A6615	Item 189	A7323	Item 191		
A5421	Item 206	A6124	Item 207	A6621	Item 040	A7324	Item 254		
A5422	Item 224	A6125	Item 286	A6622	Item 282	A7325	Item 255		
A5423	Item 023	A6213	Item 291	A6623	Item 073	A7411	Item 256		
A5424	Item 272	A6214	Item 289	A6624	Item 072	A7412	Item 239		
A5425	Item 233	A6215	Item 089	A6625	Item 058	A7413	Item 190		

Fonte: Autoria própria (2017)

## Avaliação e comparação

Após a obtenção dos modelos e os indicadores movimentação vertical e frequência de utilização para cada um dos modelos, iniciou-se o processo de comparação destes resultados. Os três modelos tinham o intuito de otimizar algum aspecto, o modelo de pirâmide minimizava os movimentos verticais, o modelo esfera minimizava a distância percorrida para os itens com maior frequência de utilização, e finalmente o modelo equilibrado tentava se aproximar dos dois outros modelos enquanto assegurava de que os itens de determinado setor ficariam localizados dentro de suas áreas já delimitadas de acordo com a Complementaridade dos itens. Foram gerados indicadores para comparar as três opções de layout, estes podem ser observados no Quadro 5.

Quadro 5: Indicadores de desempenho

Indicadores		
Tipos	Trabalho vertical	Frequência
Pirâmide	284.987,76	3.419.669,62
Esfera	548.552,79	3.072.652,34
Equilibrado	629.186,55	4.344.030,18

Fonte: Autoria própria (2017)

Comparando os resultados é possível verificar que os dois primeiros modelos teóricos realmente tiveram melhores resultados nos seus devidos indicadores.

Os gráficos de massa total por nível também mostram como a distribuição que prioriza a praticidade de separação por setores têm uma distribuição de massa total por nível não muito prática para uma otimização dos indicadores.

Na Figura 9 as barras em verde representam a quantidade de massa total em cada nível dentro da distribuição baseada no modelo de pirâmide, a esquerda da figura tem-se a inicial do próprio modelo e também o nível em que a quantidade representada pelas barras representam, no caso do modelo pirâmide as descrições vão de P1 até P5. As barras em laranja representam a mesma quantidade total de massa, porém estas barras são para representar o modelo de esfera, no modelo esfera as descrições vão de E1 até E5. As barras azuis que estão na parte de baixo da Figura 9 já são para representar como as massas totais se comportam depois que o modelo equilibrado foi aplicado, e para este modelo as descrições vão de L1 até L5.

Figura 9 - Massa total por nível em cada modelo



Fonte: Autoria própria (2017)

A partir de observações nos resultados do trabalho é possível perceber que os modelos pirâmide e esfera teriam um melhor desempenho no mundo real se o fato de setores (Complementaridade) e facilidade de separação não fossem tão importantes. O objetivo principal deste almoxarifado é o de atender os setores com o menor número de erros e o mais rápido possível. Os objetivos relacionados à preservação de equipamentos e economia de recursos somente são considerados caso os objetivos anteriores estão sendo atendidos e não serão afetados. Porém, uma investigação mais detalhada pode ser feita quanto a um refinamento deste mesmo layout real após a atualização das informações ou até mesmo alterações nas restrições, para que o layout já implementado possa se aproximar mais dos modelos teóricos. Realocação de materiais dentro da mesma área delimitada, ou até mesmo um estoque mais flexível onde materiais possam ocupar endereços temporários para facilitar separação podem ser soluções para a melhoria deste layout. As modificações dentro das áreas podem transformar cada setor em uma versão de menor escala de um dos modelos teóricos, o layout flexível poderia transformar parte do armazém em algo bem próximo dos modelos teóricos enquanto a outra parte ainda possui a mesma praticidade para a separação e a estratificação em setores.

## **Considerações Finais**

Com objetivo principal de obter uma opção otimizada de layout do estoque, foram levantadas todas as informações relevantes para cálculo de quantidades a serem mantidas em estoque para todos os insumos, entrevista com os colaboradores para um melhor entendimento da popularidade de cada item e a partir de todas estas informações um sistema de endereçamento foi desenvolvido. Isso fez com que os modelos de alocação possam ter a base para serem desenvolvidos e comparados. Todas estas atividades eram direcionadas para se chegar a uma forma de organização do armazém que facilite a alocação, localização dos itens de modo a se ter uma maior facilidade para treinamento de novos colaboradores e também para que os próprios colaboradores mantenham um nível satisfatório de qualidade de serviço dentro do armazém.

Tendo como referência uma base estrutural e a disposição dos porta-paletes já definidas assim que o trabalho teve início, a otimização se mostrou um pouco limitada, porém facilitou a execução, abrindo a chance de um maior enfoque na parte de localização e facilidade de busca de itens.

Os esforços para gerar um modelo ótimo de layout trouxeram para a empresa um modelo que tem algumas margens de segurança interessantes e aplicáveis, como a reposição instantânea de materiais, e com alterações na alocação atual a produção da empresa não será afetada e o almoxarifado poderá chegar o mais próximo de um modelo ótimo. Para trabalhos futuros, a consideração de reposição instantânea pode ser substituída por valores mais atualizados de necessidade de massa para que mais espaços disponíveis possam aparecer, evitando um superdimensionamento e habilitando o almoxarifado acompanhar o crescimento da empresa sem se mostrar como um gargalo.

## **Referências**

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais: Princípios, Conceitos e Gestão**. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2009.

IVANQUI, I. L. **Um modelo para solução do problema de arranjo físico de instalações interligadas por corredores**. Tese de Doutorado. 146 f. Departamento de engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

LARRAÑAGA, Felix Alfredo. **A Gestão Logística Global**, 2ª Edição. São Paulo: Aduaneiras, 2008.

MARTINS, Petrônio Garcia; ALT, Paulo Renato Campos. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2006.

MOURA, Reinaldo A. *et al.* **Atualidades na Logística**. Volume 2. São Paulo: IMAM, 2004.

NEVES, Marco Antônio Oliveira. **Indicadores de Desempenho em Logística**. Disponível em: <[http://www.guiadotrc.com.br/logistica/indicadores\\_desempenho\\_logistica.asp](http://www.guiadotrc.com.br/logistica/indicadores_desempenho_logistica.asp)>. Acesso em 20 de Maio de 2017.

USAID | DELIVER PROJECT. **The Logistics Handbook. A Practical Guide for the Supply Chain Management of Health Commodities**. 174 f. Arlington, Virginia, 2011.