



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS**



JÚLIA ZANCOPE VALÉRIO, LAYS BRUNETTO E SOFIA FREITAS VIANA.

GERENCIAMENTO DE ESTOQUE NA MAHLE LIMEIRA-SP

LIMEIRA, 2021



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS**



Júlia Zancopé Valério, Lays Brunetto e Sofia Freitas Viana.

Gerenciamento de estoque na Mahle Limeira-SP

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Manufatura e Engenharia de Produção pela Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Sergio de Arruda Ignácio

Coorientador: Prof. Dr. Jaime Hideo Izuka

LIMEIRA, 2021

Folha reservada à ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Daniel Joseph Hogan, da
Faculdade de Ciências Aplicadas da UNICAMP

(Substituir pelo arquivo PDF enviado pela Biblioteca)

Autor: Júlia Zancopé Valério, Lays Brunetto e Sofia Freitas Viana.

Título: Gerenciamento de Estoque na Mahle Limeira-SP.

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Manufatura e Produção.

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas.

Aprovado em: ___/___/___.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Sergio de Arruda Ignácio – Presidente
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Dr. Jaime Hideo Izuka – Coorientador
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Dr. Jaime Hideo Izuka – Avaliador
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Resumo: Devido às restrições sanitárias impostas pela pandemia global do novo Coronavírus, o uso do automóvel se sobrepôs ao do transporte público como medida sanitária. Consequentemente, os fornecedores automotivos tiveram um aumento de demanda de peças, o que evidenciou a necessidade de uma logística de fluxo de armazenamento de peças eficiente, para otimização de tempo e melhor atendimento da demanda. Com base nisso, o trabalho busca desenvolver um fluxo ótimo do processo de armazenamento de radiadores da Mahle, uma das 20 maiores fornecedoras automotivas do mundo, com foco maior em *warehouse management*. O presente relatório consolida as informações apresentadas e desenvolvidas ao longo do semestre em parceria com a empresa Mahle e os orientadores.

Palavras-chave: logística, otimização, *warehouse management*.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	7
1.1	Proposta.....	7
1.2	Motivação.....	7
1.3	Plano de Ação.....	7
2	Desenvolvimento.....	8
2.1	Levantamento de Dados.....	8
2.2	Oportunidades Encontradas.....	10
3	Expectativas e Resultados.....	12
3.1	Separação ABC.....	12
3.2	Análise das distâncias percorridas.....	15
3.3	Mapeamento do Fluxo de Valor <i>to be</i>	15
3.4	Análise de capacidade <i>versus</i> demanda.....	16
3.5	Simulação no <i>Flexsim</i>	18
4	Conclusão.....	19
5	Referências Bibliográficas.....	20

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROPOSTA

A proposta de elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Manufatura e Engenharia de Produção, correspondente ao primeiro semestre de 2021, foi elaborada em parceria com a CIESP (Centro das Indústrias do Estado de São Paulo) a qual trouxe empresas da região para apresentarem suas necessidades. Dentro desta proposta, o grupo foi designado para desenvolver o projeto em parceria com a empresa Mahle, unidade Limeira.

A empresa é distribuidora de, entre outros produtos, radiadores, que terão o fluxo estudado no presente relatório. A partir das reuniões realizadas, informações fornecidas e desenvolvimento das entregas ao longo do semestre, o grupo buscou mapear este fluxo, para realizar, a partir dele, o desenvolvimento de métodos de análise para identificação de possíveis pontos de melhoria.

O objetivo principal é de utilizar do Sistema de Gerenciamento de Armazenagem (WMS) para auxiliar o desenvolver do atual projeto, que, para Banzato (1998), o *Warehouse Management System* é um sistema responsável pela gestão dos armazéns, que tem como objetivo otimizar as atividades operacionais e administrativas dentro do processo de armazenagem, desde seu recebimento até sua expedição, analisando todas as etapas com a finalidade de minimizar os custos.

1.2 MOTIVAÇÃO

Tendo em vista o súbito aumento de demanda vivenciado pelo setor automobilístico, como evidenciado na nota de imprensa divulgada pela Anfavea (2021) sobre possível crescimento de 25% no setor automobilístico em 2021, decorrente dos efeitos causados pelas medidas sanitárias impostas pelo novo coronavírus, o presente trabalho busca auxiliar a Mahle, uma fornecedora automotiva referência em seu setor, a encontrar o fluxo ótimo de armazenamento e expedição de radiadores a partir do uso de ferramentas estudadas nos cursos de Engenharia de Manufatura e Produção. A análise tem em vista o recebimento, inspeção, armazenagem e expedição dos mesmos.

O setor de radiadores da empresa parceira é relativamente novo, o que fez com que houvesse uma oportunidade de melhoria a partir da parceria com a universidade para desenvolvimento de um fluxo ótimo da mercadoria, desde sua entrada na empresa até seu momento de expedição.

1.3 PLANO DE AÇÃO

Após o entendimento do tema e dos objetivos esperados pela empresa e orientadores, o grupo decidiu analisar, com as informações disponíveis, o fluxo de processo utilizado atualmente pela empresa. Tal análise se deu com o intuito de identificar possíveis pontos de fragilidade que possam apresentar deficiências prejudiciais para o processo e que possam, então, ser otimizados. A seguir, realizou-se uma revisão bibliográfica das ferramentas de engenharia e tópicos importantes que serão abordados no desenvolvimento do projeto, na qual o grupo fez o uso de livros, sites e artigos científicos.

Para melhor análise, optou-se então por iniciar o estudo através da estruturação de um fluxograma e um Diagrama de Espaguete que representassem o estado atual. Em um segundo momento, utilizou também outras ferramentas como o mapeamento de fluxo de valor e a simulação do fluxo em ambiente virtual com o *software FlexSim* que, como Chen, Hu e Xu (2013) descreveram, é uma integração típica entre a tecnologia de realidade virtual e a

simulação orientada a objetos discretos, ou seja, ele é utilizado para modelar sistemas que simulam eventos discretos como resultado de eventos específicos, com a finalidade de analisar a fundo o processo e auxiliar na identificação de gargalos e desperdícios que possam vir a reduzir a eficiência do mesmo.

Após estudo de tais ferramentas, será elaborada uma proposta com oportunidades e possíveis alterações, onde serão apresentadas as diferenças de fluxo antes e depois da realização das mudanças, com dados comparativos do fluxo de processo no início dos estudos e os resultados esperados ao fim desde (*As Is* e *To Be*).

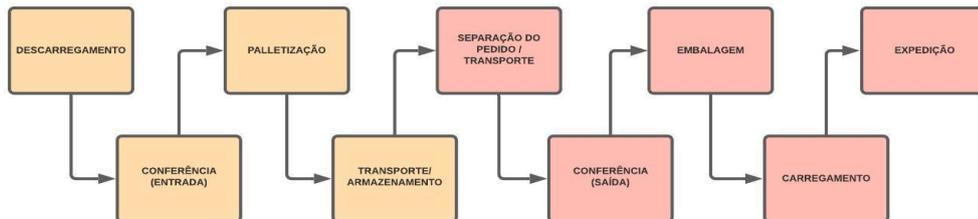
2. DESENVOLVIMENTO

2.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Em posse dos dados e alinhando com os orientadores e empresa, o grupo inicia a análise do fluxo atual. Desta forma, criou-se um mapeamento de fluxo de valor, além de um diagrama de espaguete com os deslocamentos realizados pelo pallet que entra na empresa, com o fim de se obter mais clareza e melhor entendimento sobre etapas deficientes e possíveis oportunidades para análise dos futuros ganhos em relação ao estado atual.

Em primeiro instante, foi analisado o fluxo do produto, desde sua entrada na rampa de descarregamento, passando por sua armazenagem e, depois, sua expedição. No fluxograma, o grupo optou pela cor amarela para representar as movimentações de entrada e laranja para as movimentações de saída para assim simplificar o entendimento. O fluxo atual do produto pode ser analisado na Figura 1 abaixo:

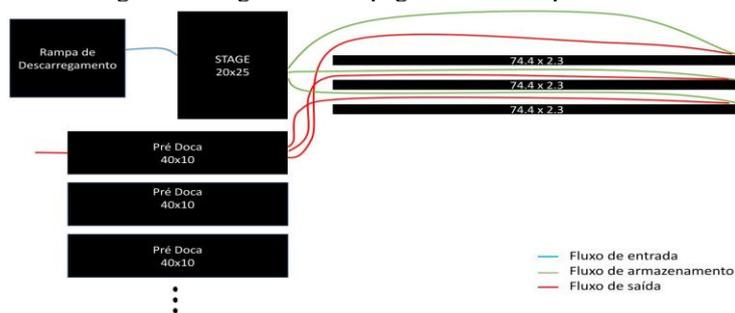
Figura 1: Fluxograma atual do processo.



Fonte: autoria própria.

Na sequência, optou-se por realizar o mapeamento das movimentações internas que ocorrem no armazém e, para isso, foi utilizado um Diagrama de Espaguete com base na armazenagem e expedição atual. Como Fabiano de Faveri (2013) apresenta, tal ferramenta é um diagrama de fluxo que estuda o mapeamento do processo, analisando a rota que o produto realiza desde a entrada na empresa até sua expedição. Com base no que é analisado neste diagrama, é possível localizar eventuais deficiências na organização da fábrica ou design do processo. Apesar de haver várias pré docas, o grupo optou por apresentar o fluxo apenas até a primeira pré doca para facilitar o entendimento e não poluir a imagem. Pode-se analisar o diagrama na figura abaixo:

Figura 2: Diagrama de Espaguete atual do processo.



Fonte: autoria própria.

Atualmente, o *stage* é destinado para a conferência das cargas de radiadores recebidas, para a paletização dos mesmos (processo de transferência para pallets padrão Mahle) e para a preparação para o armazenamento, o qual é feito em porta pallets. Já na separação para a expedição, os radiadores são transportados para a pré doca, onde o pedido será separado, conferido, embalado e encaminhado para o caminhão de expedição através da doca.

Em seguida, realizou-se uma análise dos dados numéricos a fim de entender o cenário inicial da empresa, referente ao início do segundo trimestre de 2021. A partir das vendas médias passadas (referente a dados históricos) chegou-se a uma média histórica de vendas mensal de 2064 unidades de radiadores. Já com base na previsão de demanda para os meses de maio a julho de 2021 viu-se que estava prevista uma demanda média mensal de 2644 unidades, o que indica uma tendência de aumento nas vendas.

Além disso, o grupo baseou-se também em informações mais atuais, estas indicam uma média mensal de 856 pedidos e uma saída média diária de 125 radiadores, resultando em uma média mensal de 2715 unidades de radiadores vendidas. Considerando que o CDD atua aproximadamente 22 dias por mês, obteve-se então uma saída média diária de aproximadamente 39 pedidos com uma média de 3,17 unidades de radiadores cada.

Ademais, outros dados de grande importância para o estudo foram aqueles referentes às atividades do processo. A tabela 1 a seguir mostra a duração em minutos destas e alguns outros dados pertinentes e foi utilizada como base para elaborar o Mapa de Fluxo de Valor (MFV) *as is* do processo.

Tabela 1 - Informações das atividades do fluxo.

Atividade	Tempo (min)	Unidade	Pallets	Produtos
Descarregamento	50	por carga	32	224
Conferência (entrada)	40	por carga	32	224
Palletização	120	por carga	32	224
Transporte/Armazenamento	80	por carga	32	224
Separação/Transporte	18	por pedido	2	14
Conferência (saída)	20	por pedido	2	14
Embalagem	30	por pedido	2	14
Carregamento	5	por carga	24	168

Fonte: autoria própria.

Para o número de pallets por carga, no recebimento utilizou-se a quantidade de pallets que cabem no caminhão utilizado para entrega pela planta de Arujá (32 pallets) e na expedição o número de pallets que cabe no caminhão padrão (24 pallets). Para estimar-se a quantidade de produtos utilizou-se uma média de 7 produtos por pallet (como informado pela empresa). Já o número médio de pallets por pedido precisou ser estimado devido a ausência de algumas informações e pode vir a ser recalculado futuramente para uma análise mais precisa. Para tal, utilizou-se como base o tempo gasto por pedido nas atividades e os dados de vendas mais recentes da empresa, como explicaremos a seguir.

Sabe-se que nem todos os pedidos são compostos apenas por radiadores, uma vez que o centro de distribuição trabalha também com diversas outras peças. Assim sendo, conclui-se que não se pode estimar o valor médio de 3.17 unidades de radiadores como sendo o tamanho médio dos pedidos. Tendo como referência os tempos das atividades de separação/transporte, conferência e embalagem constatou-se que o tamanho médio de 2 pallets por pedido resultaria em tempos críveis quando analisada a duração destas atividades por pallet e por unidades. Assim sendo, supôs-se o valor médio de 2 pallets por pedidos (sendo estes pallets compostos por radiadores e outros produtos). Vale ressaltar que supôs-se também que apenas um funcionário atua nos processos de conferência (saída) e embalagem e que as disponibilidades de atividades não informadas são de 100%.

A partir destas conclusões iniciais, decidiu-se então realizar duas análises numéricas distintas. A primeira tem como embasamento o fato de que o armazém trabalha com outros tipos de produtos e que, uma vez que estes estão presentes nos pedidos que incluem radiadores, também influenciam no tempo de processamento de um radiador. Já a segunda busca analisar somente o fluxo de radiadores, visando entender o objeto de estudo de forma individual.

Para a primeira análise considerou-se que: um pedido é composto por 2 pallets e possui em média 3.17 radiadores. Tal afirmação implica que, todas as atividades relacionadas à expedição agregam valor não apenas aos radiadores (itens sendo estudados) mas também a outros produtos do armazém. Sabe-se por exemplo que o tempo de embalagem de um pedido é de 30 minutos. Assim sendo, a cada 30 minutos dois pallets de produtos são embalados e, conseqüentemente, em média, 3.17 radiadores. Tem-se então como resultado que a cada 9.46 minutos um radiador é embalado. A mesma análise foi feita para as outras atividades e os resultados obtidos (em segundos) podem ser vistos no MFV *as is* presente no Anexo 1. Vê-se que, neste caso, o tempo de processamento de um radiador é de 1753.35 segundos ou aproximadamente 29 minutos.

Já para a segunda análise considerou-se que um pedido é formado apenas por, em média, 3.17 radiadores. Sabe-se por exemplo que o tempo de embalagem de 2 pallets (14 unidades) é de 30 minutos. Assim sendo, o tempo gasto para se embalar um pedido (em média 3.17 unidades) é de aproximadamente 6.79 minutos. A mesma análise foi feita para as outras atividades e os resultados obtidos (em segundos) podem ser vistos no MFV *as is* presente no Anexo 2. Vê-se então que, neste caso, o tempo de processamento de um radiador cai para 481.96 segundos ou aproximadamente 8 minutos, uma redução significativa (de aproximadamente 28%).

2.2 OPORTUNIDADES ENCONTRADAS

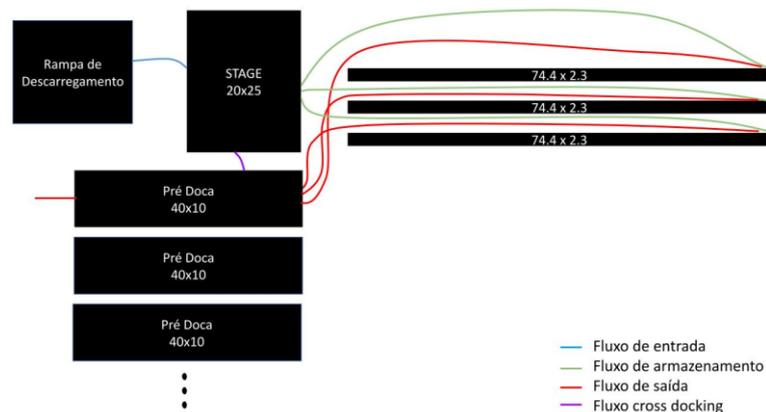
Com base nos dados levantados e informações obtidas através da análise das ferramentas da seção anterior, o grupo pôde verificar pontos de maior deficiência no fluxo, que pudessem ser otimizados para retornar maiores ganhos para a empresa, em questão de tempo e de lucro.

Em primeiro instante, notou-se a falta de um critério de armazenamento, ou seja, os pallets de radiadores que dão entrada no estoque são alocados de forma aleatória. Assim sendo, uma possível estratégia para otimizar o processo e reduzir a movimentação interna seria a implementação de critérios de armazenagem, com base nestes as mercadorias de maior rotatividade seriam então armazenadas mais próximas às saídas e entradas. Segundo Slack *et al.* (2002), citado por Braga, Pimenta e Vieira (2008), a ferramenta de classificação ABC identifica itens que merecem maior atenção no processo de armazenamento, seguindo a lei de Pareto, que determina que cerca de 20% dos itens, que apresentam alto valor de demanda ou consumo anual, sejam responsáveis por 80% do valor total em estoque (categoria A); itens de valor intermediário, onde cerca de 30% dos itens sejam responsáveis por 10% do valor monetário total do estoque (categoria B); itens de baixo valor, onde aproximadamente 50% do total de produtos representam cerca de 10% do valor total de armazenagem (categoria C).

A implementação de um sistema de separação ABC possibilita uma melhor gestão do estoque através de uma análise sobre o giro dos produtos, o que traz benefícios também para o setor de compras, permitindo uma alocação inteligente baseada na demanda dos produtos e a rotatividade dos mesmos. Ademais, segundo Ching (2001), esta estratégia tende a diminuir os custos operacionais ao salientar que nem todos os itens estocados merecem a mesma atenção.

Outra oportunidade analisada seria a de uma atual ausência de um sistema de *cross docking*, o que pode auxiliar no objetivo de diminuição de movimentação interna. Tal proposta consiste em um sistema híbrido entre produtos que serão armazenados ao dar entrada na fábrica e produtos que irão diretamente para a pré doca para expedição, de acordo com os pedidos do dia em questão. Neste caso, o diagrama de espaguete do processo ficaria como o demonstrado na Figura 3 a seguir.

Figura 3: Diagrama de espaguete com *cross docking*.



Fonte: autoria própria.

Como Antonia Maria Gimenes destaca, essa forma de movimentação atua com a finalidade de diminuir o manuseio de produtos e o nível de armazenamento, tendo uma rápida transação de mercadoria que, após o recebimento, já é levada diretamente ao ponto de entrega, melhorando o fluxo de recebimento e reduzindo a movimentação interna.

Além da redução de movimentações, segundo AWERC (2008, apud RAMOS, 2011) e Daudt *et al.* (2010), a implementação do *cross docking* pode resultar em benefícios como a redução de danos aos produtos devido ao menor manuseio, a redução de custos e a maior agilidade no processo.

3. EXPECTATIVAS E RESULTADOS

3.1 SEPARAÇÃO ABC

Para executar a separação ABC foi analisada a demanda média de cada produto disponibilizado, a fim de se obter a rotatividade de cada um deles. Como foi definido anteriormente, a classificação se deu através da porcentagem de 20%, 30% e 50% para as classes A, B e C, respectivamente. O total de produtos apresentados é de 341 modelos, e a divisão pode não ser exatamente a porcentagem estipulada entre as classes devido ao objetivo do grupo de manter os produtos de mesma demanda média em grupos iguais.

Para calcularmos o espaço disponível no armazém para cada tipo de produto, sabendo que há espaço suficiente para 2.376 pallets no estoque, utilizou-se também de uma quantidade além da demanda mensal, calculada como estoque de segurança. De acordo com Garcia, Lacerda e Arozo (2001), estoque de segurança é a quantidade de produto mínima necessária no estoque, baseada na probabilidade de suprir eventuais demandas extras devido a problemas externos, como atraso de recebimento, produção, entre outros.

Segundo Santos e Rodrigues (2006), a relação entre a quantidade de estoque de segurança (ES) e um determinado nível de serviço pode ser mais comumente calculada pela equação abaixo:

$$ES = K_x \sigma$$

(Equação 1)

Onde:

- K = valor tabelado a respeito do desvio padrão em relação à média que indica a probabilidade de que haja uma saída de um produto além do que o estoque projetado, levando em consideração o nível do serviço ao cliente.
- σ = desvio padrão em relação aos pedidos de cada produto.

Para a análise do estoque de segurança, viu-se que ao se multiplicar a demanda média por 7 (número médio de unidades por pallet), além de ser possível fazer uma análise por pallets, chegava-se a um cenário que simularia o armazém quase que totalmente preenchido em prateleiras completas. Assim, a divisão de todo o seu espaço físico entre as três categorias de produtos pôde se dar de maneira facilitada. Além disso, esse cenário possibilitou a implementação de um estoque de segurança com um nível de serviço de 73,93% devido ao espaço excedente no estoque. Nível esse que foi considerado aceitável por possibilitar o armazém a suprir eventuais flutuações de demanda.

Foi calculado o estoque de segurança de cada produto e depois somado ao seu grupo de classificação para que fosse possível separar o armazém em zonas para produtos A, B e C. Para visualizar o estoque de segurança e a quantidade de posições pallets separadas para cada classificação, foi desenvolvida a Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - posições pallet totais para cada classificação.

Classificação	Tipos de Produtos	Demanda média	Estoque de segurança	Total
A	66	785	62	847
B	99	654	112	767
C	176	624	138	762

Fonte: autoria própria.

A separação no armazém leva em consideração a movimentação interna no momento onde se estoca os produtos que chegam e também os que são separados para expedição. Como podemos analisar na Figura 4 abaixo, os produtos que possuem maior saída foram posicionados mais próximos do *stage* e da pré doca. Os produtos com média saída e com menor saída se localizariam no centro e fundo do armazém, respectivamente. Vale citar que o número final de posições pallet para cada classe foi arredondado de forma a garantir que uma mesma prateleira fosse utilizada para armazenar apenas uma das categorias, com o intuito de facilitar a indicação do local de armazenagem e evitar eventuais erros.

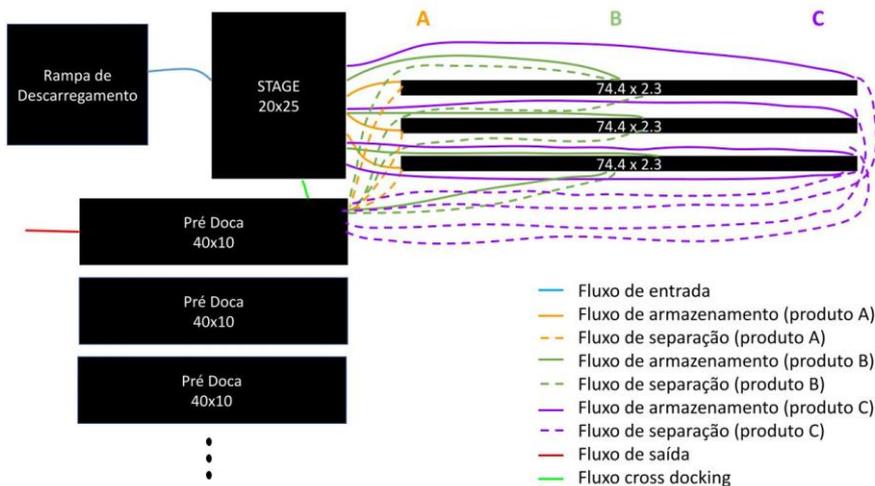
Na imagem, os produtos de classificação A, B e C são separados pela cor amarela, azul e laranja, respectivamente, onde, ao lado do amarelo, se encontra o *stage*.

Figura 4 - separação do armazém na classificação adotada.



Fonte: autoria própria.

Para este cenário, com a implementação do sistema de armazenagem ABC e o *cross docking*, temos como diagrama espaguete resultante a Figura 5 a seguir.



A aplicação do sistema ABC para armazenamento facilita na etapa de expedição e também reduz a movimentação interna além de criar uma sintonia entre estoque e demanda que facilitaria na organização prévia dos pedidos com base em dados passados. Levando em consideração o aumento de produtividade e eficiência, tal estudo se baseou principalmente no volume de vendas, visto que a prioridade para o grupo seria a de redução na movimentação interna e, com isso, ganho de tempo para os operários e para a empresa. Segundo Corrêa, Giansesi e Caon (2011), a classificação ABC necessita de um estudo a longo prazo dos produtos, visto que uma demanda média com dados anuais poderá oferecer resultados mais satisfatórios e com maior assertividade.

Para auxiliar os operários no momento da estocagem, o grupo também considera interessante a implementação de um sistema visual através de placas que demarquem o início e fim do espaço reservado para cada tipo de produto. Por exemplo, uma placa A no início do armazenamento, seguida por uma placa A/B no final do espaço destinado à A e início do espaço à B, e assim por diante. Tais placas poderiam ser de fácil movimentação, visto que após certo período os produtos e espaços destinados à cada classificação estão sujeitos a mudança.

Em conjunto com a separação ABC, como forma de auxiliar e confirmar visualmente o local de cada produto para dupla verificação, seria possível inserir uma etiqueta no momento em que o produto da entrada no estoque, através do sistema conferência da carga que chega na empresa com o coletor de dados. Tal sinalização pode ser dada por exemplo através de um sistema de cores nas etiquetas, no qual verde representaria o grupo A, amarelo o grupo B e vermelho o grupo C. Neste caso, ao fazer a conferência no produto que acaba de chegar, o coletor de dados apresentaria a qual classe esse produto pertence e o operador então colaria a etiqueta colorida na sua embalagem. Como conversado com o contato da Mahle, tal forma de auxílio demandaria um certo investimento monetário por parte da empresa, o que torna esta proposta opcional, não acarretando em perdas significativas no ganho esperado através deste trabalho.

Como a empresa salientou, o ramo de radiadores ainda é novo na planta de Limeira, o que tende a resultar em uma mudança da demanda em relação ao tempo, já que há uma tendência de aumento destas vendas. Como analisado na Figura 6 abaixo, de acordo com a previsão de demanda de cada classificação para os meses de maio, junho e julho, podemos notar uma variação pouco significativa no mix de vendas entre os meses. Sendo assim, é possível manter a classificação durante esses meses. Entretanto, o grupo considera importante que a empresa revise os dados de demanda média e atualize os produtos e quantidade dos mesmos em cada classificação a cada 4 meses no primeiro ano de implementação ou enquanto houver grande crescimento da demanda; quando tais números estabilizarem, tal atualização e revisão dos dados pode então passar a ser feita a cada 6 meses, já que os dados tendem a se tornar mais estáveis.

Figura 6 - análise da variação de vendas.

Categoria	mai/21	% Vendas	jun/21	% Vendas	jul/21	% Vendas
A	1,204	54%	1,554	52%	1,496	55%
B	572	26%	867	29%	769	28%
C	436	20%	571	19%	462	17%
Total	2,212	100%	2,992	100%	2,727	100%

Fonte: autoria própria.

Para auxiliar a empresa a atualizar os produtos no tempo mencionado, o grupo enviará em anexo uma planilha automatizada que, de acordo com a atualização da demanda prevista, separa os produtos nos respectivos grupos e auxilia na separação ABC dentro do armazém.

De acordo com a tabela 3 abaixo disponibilizada pela empresa, o grupo considera interessante também a separação das docas de acordo com as regiões. Sendo as regiões sudeste e sul as que possuem maiores quantidades de pedidos, elas poderiam ser alocadas mais próximas ao *stage*, diminuindo assim, também, a movimentação até as docas e deixando organizado esse processo para a empresa.

Tabela 3: média de pedidos mensais por região.

Região	Média de Pedidos Mensais	Quantidade Representada (%)
Centro Oeste	141	16,47
Nordeste	43	5,02
Norte	31	3,63
Sudeste	352	41,12
Sul	289	33,76

Fonte: autoria própria.

3.2 ANÁLISE DAS DISTÂNCIAS PERCORRIDAS

Foi feito um estudo das distâncias percorridas em cada um dos cenários pré estabelecidos (cenário atual, cenário com a separação ABC e cenário com a separação ABC + *cross docking*). Tal estudo teve como intuito a análise dos reais benefícios resultantes de cada estratégia a ser implementada. Vale citar que o cálculo destas distâncias foi feito de maneira aproximada devido a ausência de algumas distâncias e pode vir a ser aprofundado em uma análise seguinte. Assim sendo, a análise levou em consideração apenas as distâncias já conhecidas e com valor preciso (aquelas percorridas entre os corredores de armazenagem) e desconsiderou as demais (como a distância entre o *stage* e os corredores ou entre os corredores e a pré doca).

Primeiramente, fixou-se um cenário no qual 100 pallets são movimentados por todo o fluxo do processo de maneira unitária (considerando-se que a empilhadeira possua capacidade para a movimentação de apenas um pallet por vez). Para o processo do cenário atual, todos os pallets saem do *stage*, são armazenados de maneira aleatória nos corredores e depois retirados e levados para a pré-doca. Devido ao armazenamento aleatório os produtos podem estar localizados em qualquer ponto do corredor, assim sendo, calculou-se o ponto médio do mesmo, o qual representará a distância média que será percorrida. Sabendo-se que o corredor é composto por vinte e seis boxes de 2,622 m e um box de 3,322 m, a distância média é dada por 35,75 m.

Em seguida, fez-se a mesma análise para o cenário com a separação ABC. Primeiramente, calculou-se o *mix* atual das vendas mensais de acordo com a classificação ABC utilizando como base os valores históricos de média de venda mensal. Como resultado, encontrou-se que, em média, aproximadamente 38% dos produtos vendidos fazem parte da categoria A, 32% da B e 30% da C. Tal porcentagem foi utilizada para estipular quantos produtos de cada categoria fariam parte dos 100 pallets a serem movimentados. Em seguida, calculou-se a distância média percorrida para cada categoria de produtos de acordo com sua localização no armazém, esse cálculo e o resultado do mesmo podem ser vistos nos Anexos 3 e 4.

Por fim, repetiu-se o mesmo processo para a análise do cenário com a separação ABC + *cross docking*. Neste, a quantidade de pallets a serem movimentados pelos corredores foi reduzida em 30%, considerando uma implementação de 30% de *cross docking*. Os resultados destas análises podem ser vistos no Anexo 5.

Conclui-se então que, ao implementar-se uma política de separação ABC no armazém e alcançar-se uma porcentagem de 30% de *cross docking*, a movimentação no meio dos

corredores pode ser reduzida em aproximadamente 32,02%. Observa-se também que a política que implica maior impacto na movimentação é a implementação de um sistema híbrido de armazenamento e *cross docking*, enfatizando assim a sua importância para o aumento de eficiência do processo. Para analisar a real viabilidade da implementação deste e do alcance da porcentagem de 30%, torna-se necessária uma análise das entradas e saídas diárias de produtos no armazém. Assim, é possível analisar em média qual a porcentagem dos tipos de produtos que chegam em um determinado dia e que estão programados para sair naquela mesma data, podendo assim ser redirecionados para a pré doca sem a necessidade de passar pelo processo de armazenamento. Vale ressaltar mais uma vez que, para que isto seja viável, há a necessidade da implementação de um sistema que garanta que a programação de expedição do dia seguinte seja efetuada já no dia anterior, de maneira a possibilitar a realização da verificação de quais produtos podem ir para a pré doca logo na chegada do carregamento.

Segundo Souza (2018), a implementação do *cross docking* em duas empresas de logística resultou em um aumento do lucro e uma redução no tempo total do processo para ambos os casos. Assim, apesar da falta de dados, o grupo acredita com base nesses resultados que a implementação de um sistema híbrido de armazenamento e *cross docking* aumentará a produtividade da empresa. Além disso, de acordo com M. Aichlmayr (2002), os produtos que são previsíveis, com alta demanda e alto fluxo de volume cúbico, são ideais para *cross docking*, o que corrobora com a implementação do modelo.

Já em relação à separação ABC, apesar dos ganhos em um panorama geral não parecerem tão significativos, ao analisar-se por exemplo a separação de dois pedidos separadamente: um composto por um pallet de produtos A e outro por um pallet de produtos A mais um pallet de produtos B, vê-se que há um impacto significativo na redução da movimentação (de acordo com os resultados mostrados no Anexo 6).

3.3 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV) TO BE

A estruturação do MFV *to be* dos dois cenários sendo estudados tiveram como base os mesmos dados e suposições do MFV *as is*. Além disso, supôs-se que o tempo da atividade de separação/transporte no fluxo com *cross docking* é a metade da mesma no fluxo sem *cross docking*. Nos Anexos 7 e 8 é possível observar os resultados da estruturação do MFV *to be* de ambos os cenários.

Nesses anexos pode-se analisar que, em ambos os cenários, o fluxo com *cross docking* possui um tempo de processamento aproximadamente 20% menor que o fluxo sem o mesmo. Considerando a taxa de 30% de *cross docking* (o que significa que 30% dos radiadores que percorrem o fluxo passam pelo fluxo com *cross docking*), pode-se então calcular qual seria a redução do tempo de processamento em relação ao MFV *as is*. Para tal, fez-se uma média ponderada entre os tempos dos dois fluxos. No primeiro cenário por exemplo multiplicou-se 1753.35 segundos por 0.7, 1412.66 segundos por 0.3 e somou-se os dois valores, resultando então em um tempo médio de processamento de 1651.14 segundos. Observa-se então que, em ambos os cenários, há uma redução de aproximadamente 6% neste.

Vale ressaltar que o MFV *to be* em questão não leva em consideração a redução no tempo de processamento resultante da redução de movimentação devido à implementação das estratégias discutidas anteriormente. Isso ocorre pois, devido à necessidade de novas informações, não é possível estimar precisamente o quanto essa redução de movimentação reduzirá os tempos de processamento. Ou seja, ao se considerar também a implementação das demais propostas, é esperado que haja uma redução ainda maior que os 6% antes mencionados.

3.4 ANÁLISE DE CAPACIDADE VERSUS DEMANDA

Com base nas informações presentes no MFV, pode-se então realizar uma análise de capacidade *versus* demanda. A tabela abaixo representa a previsão de demanda para os meses de maio a julho de 2021. Com base nas informações presentes nesta, obteve-se uma demanda média mensal de aproximadamente 2644 pallets.

Tabela 4 - Previsão de demanda.

Mês	Previsão de Demanda
Maio	2212
Junho	2992
Julho	2727

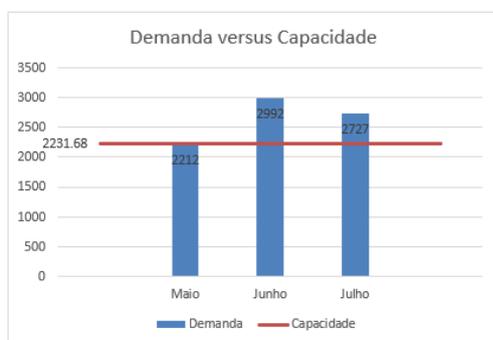
Fonte: autoria própria.

Desta forma, ao se dividir o número de minutos trabalhados em um mês por essa demanda esperada, tem-se um *takt time* de 7,99 minutos. Ao compararmos este tempo com as durações das atividades do processo do MFV *to be*, observa-se que, no primeiro cenário analisado, as atividades de separação/transporte e embalagem apresentam um desvio significativo em relação à esse tempo, podendo atuar como gargalos no processo, sendo prejudiciais à capacidade produtiva. Já no segundo cenário todos os tempos de atividades apresentam valores menores do que o *takt time*.

Ainda tendo como base os dados do MFV, pode-se calcular qual a capacidade máxima de expedição do centro de distribuição para ambos os cenários de acordo com a análise presente nos Anexos 9 e 10.

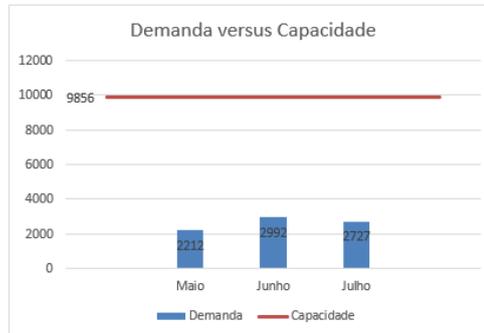
Observa-se então que, a capacidade mensal de expedição atual do CDD no primeiro cenário é de aproximadamente 2231 unidades de radiadores e é limitada pelo processo de embalagem. Já no segundo cenário, a capacidade de expedição é de 9856 unidades, sendo também limitada pelo processo de embalagem. Com base nestas informações é possível então plotar os gráficos presentes nas figuras 7 e 8.

Figura 7: demanda vs capacidade cenário 1.



Fonte: autoria própria.

Figura 8: demanda vs capacidade cenário 2.



Fonte: autoria própria.

Analisando os resultados obtidos para o primeiro cenário podemos observar que a atividade de embalagem realmente se mostra ser um gargalo no processo devido ao alto tempo de processamento por unidade de radiadores. Isso se dá pois a cada, em média, 3.17 radiadores são também embalados, em média, 10.83 produtos de outra categoria. Assim sendo, neste caso, para que a demanda mensal passe a ser atendida é necessário aumentar a agilidade do processo

de embalagem de pedidos, seja através da contratação de mais um operador ou através da implementação de novos métodos e treinamentos.

Já no segundo cenário podemos observar que, considerando que esses operadores atuam apenas na categoria de radiadores, há inclusive uma grande ociosidade presente no processo. Esta não é real e pode ser explicada devido a possibilidade destes operadores trabalharem também em outros segmentos do centro de distribuição que não o de radiadores, reduzindo assim a sua disponibilidade e, conseqüentemente, a capacidade de expedição. Assim sendo, considerando a tendência de crescimento de demanda demonstrada pelos dados e pelo fato deste ser um novo segmento no centro de distribuição, podemos assumir que o aumento da disponibilidade destes operadores pode vir a ser uma estratégia interessante para suprir esta demanda futura.

3.5 SIMULAÇÃO NO *FLEXSIM*

O grupo optou por usar o *software* de simulação *Flexsim* para buscar uma maior assertividade nos resultados levando em conta o processo de armazenamento da empresa, bem como identificar eventuais dificuldades e limitações no modelo proposto. Para tal, foi necessário a implementação do *layout* da empresa em escala no programa, tendo os dados fornecidos na Tabela 1 como base para as restrições do modelo. No primeiro momento, foram realizadas duas simulações: a primeira levando em conta o estado atual do fluxo, no qual os radiadores são armazenados aleatoriamente, e a segunda levando em conta o modelo ABC + *cross docking* proposto, que busca dividir os radiadores de acordo com a sua demanda e enviar o equivalente a 30% dos produtos recebidos diretamente para a expedição.

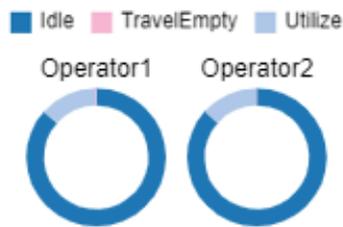
Para ambas as simulações, levou-se em conta que a empresa trabalha em dois turnos, e que em cada turno há a saída de dois caminhões, além disso o estoque inicial de radiadores é igual para ambos os modelos, sendo de 933 radiadores do tipo A, 590 do tipo B e 702 do tipo C. O tempo total levando em conta o fluxo atual foi de 8h27min46s, enquanto o fluxo *to be* teve um tempo total de 8h24min26s. Tendo em vista que para ambos os cenários o segundo turno começa no mesmo horário, o ganho de tempo real é medido a partir da finalização do primeiro turno. Assim, quando analisamos o carregamento dos caminhões no primeiro turno, para o fluxo atual temos um tempo de 2h30min20s e para fluxo *to be* um tempo de 2h18min53s, um ganho de 11min27s com a implementação do ABC + *cross docking*.

O período ocioso dos operados nos dois cenários analisados se manteve constante, como mostrado nas figuras 9 e 10, contudo na análise do fluxo *to be*, vemos pela figura 11 que as empilhadeiras apresentam também um período ocioso elevado. Devido a falta de informações sobre o uso dessas empilhadeiras para outros fluxos, o grupo recomenda que, mesmo que estas sejam utilizadas para o carregamento de outras peças, uma análise adicional sobre sua atividade seja feita, visto que estas podem ser um gargalo importante para o processo como um todo.

Quando olhamos para a oscilação do estoque, figuras 12 e 13, vemos que para o modelo atual, o volume acumulado de estoque é maior que para o *to be*, além de apresentar uma oscilação maior da quantidade de radiadores ao longo do dia. Assim, pode-se observar que há um ganho significativo na movimentação das peças no galpão, além de uma maior disponibilidade de espaço para armazenamento. Tendo em vista o crescimento acelerado do segmento de radiadores dentro da empresa, esses ganhos terão impactos futuros significativos, principalmente quando levamos em consideração o cenário da figura 7, onde a demanda excede a capacidade do balcão.

Figura 9: ocupação no cenário atual.

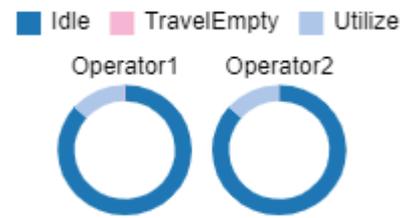
Ocupação dos Operadores



Fonte: autoria própria.

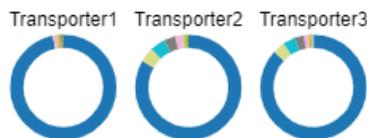
Figura 10: ocupação no cenário futuro.

Ocupação dos Operadores



Fonte autoria própria.

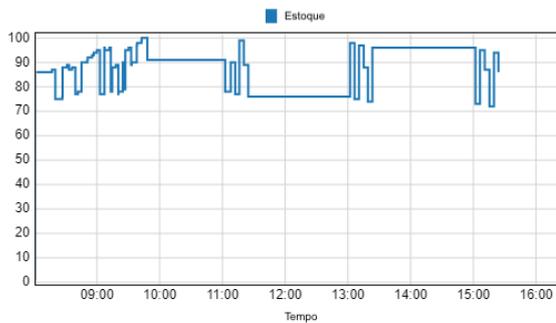
Figura 11: tempo ocioso das empilhadeiras.



Fonte: autoria própria.

Figura 12: estoque no tempo fluxo atual.

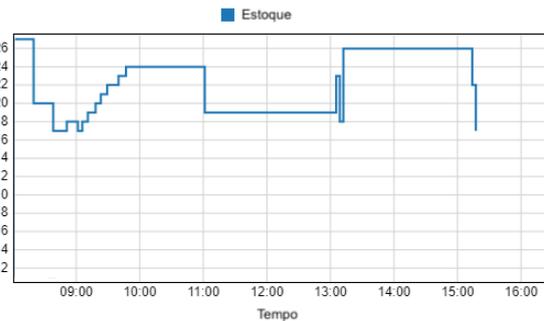
Estoque no Tempo



Fonte: autoria própria.

Figura 13: estoque no tempo fluxo to be.

Estoque no Tempo



4. CONCLUSÃO

Através do presente trabalho de conclusão de curso, os resultados apresentados serão de grande auxílio para o fluxo do produto, além de auxiliar na programação e organização com o estoque ABC. Para o *cross docking*, por ser necessário mais dados para analisar a atuação real de tal ferramenta, o resultado tende a ser satisfatório devido às análises, e o grupo se disponibiliza a auxiliar a empresa no cálculo de tal método após a entrega do trabalho, caso considerem necessário, a partir do fornecimento dos dados necessários.

Espera-se que o trabalho auxilie a empresa e a ajude a se desenvolver, da mesma forma que o grupo se desenvolveu no quesito universitário e profissional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANFAVEA. **Produção cai 31,6% em 2020 e recua 16 anos por conta da pandemia.** Release coletiva de imprensa, Janeiro de 2021. Disponível em:

<https://anfavea.com.br/docs/release_coletiva_08_01_2021.pdf>. Acesso em 19 de abril de 2021.

AICHLMAYR, M. **Cut The Cross-dock Hype, Transportation & Distribution**. Vol 43, pp. 56, 2002.

BANZATO, E. **WMS – Warehouse management system: Sistema de gerenciamento de armazéns**. IMAN. São Paulo, 1998.

BRAGA, L.M.; PIMENTA, C.M.; VIEIRA, J.G.V., **Gestão de armazenagem em um supermercado de pequeno porte**. Revista P&D em Engenharia de Produção, Viçosa, n. 08, p. 57-77, 2008

CHEN, L.; HU, D.; XU, T. **Highway Freight Terminal Facilities Allocation based on Flexsim**. In: 13th COTA International Conference of Transportation Professionals. Automobile College of Chang, Shaanxi, China, Elsevier, vol 96, 368-381, 2013.

CHING, Y. HONG. **Gestão de estoque na cadeia de logística integrada - Supply Chain - 2**. Ed. - São Paulo: Atlas, 2001.

DAUDT, Tatiane V. F.; SANTOS, Vilma S.; OLIVEIRA, Edson A. A. Q. **Aplicação da técnica cross docking na logística de expedição em busca da redução de tempo de movimentação de materiais**. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Universidade do Vale do Paraíba, 2010. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0205_0734_01.pdf>. Acesso em: 19 de abril de 2021.

FAVERI, F. **Identificação dos Desperdícios em um Serviço de Emergência com a Utilização da Metodologia Lean Thinking**. 2013. Disponível em: <<http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/00000c/00000c03.pdf>>. Acesso em 17 de abril de 2021.

GARCIA, Eduardo Saggiaro, LACERDA, Leonardo Salgado, AROZO, Rodrigo, **“Gerenciando Incertezas no Planejamento Logístico: O Papel do Estoque de Segurança”**, **Tecnológica**. Fevereiro, 2001.

GIMENES, Antonia Maria, et al. **Diagnóstico no Cross Docking de Mercadoria Em Uma Empresa do Ramo Varejista**. Disponível em: <https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol_33_1426537669.pdf>. Acesso em 17 de abril de 2021.

RAMOS, Igor R. O. **O emprego da operação cross-docking: estudo de caso em uma rede de hipermercado atacado-varejista X em Dourados/MS**. UFGD. FAEN. Dourados, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/3939/1/IgorRennandeOliveiraRamos.pdf>>. Acesso em 19 de abril de 2021.

ROTHER, M. e SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeamento da Cadeia de Valor**. Editora Lean Institute Brasil, 2012.

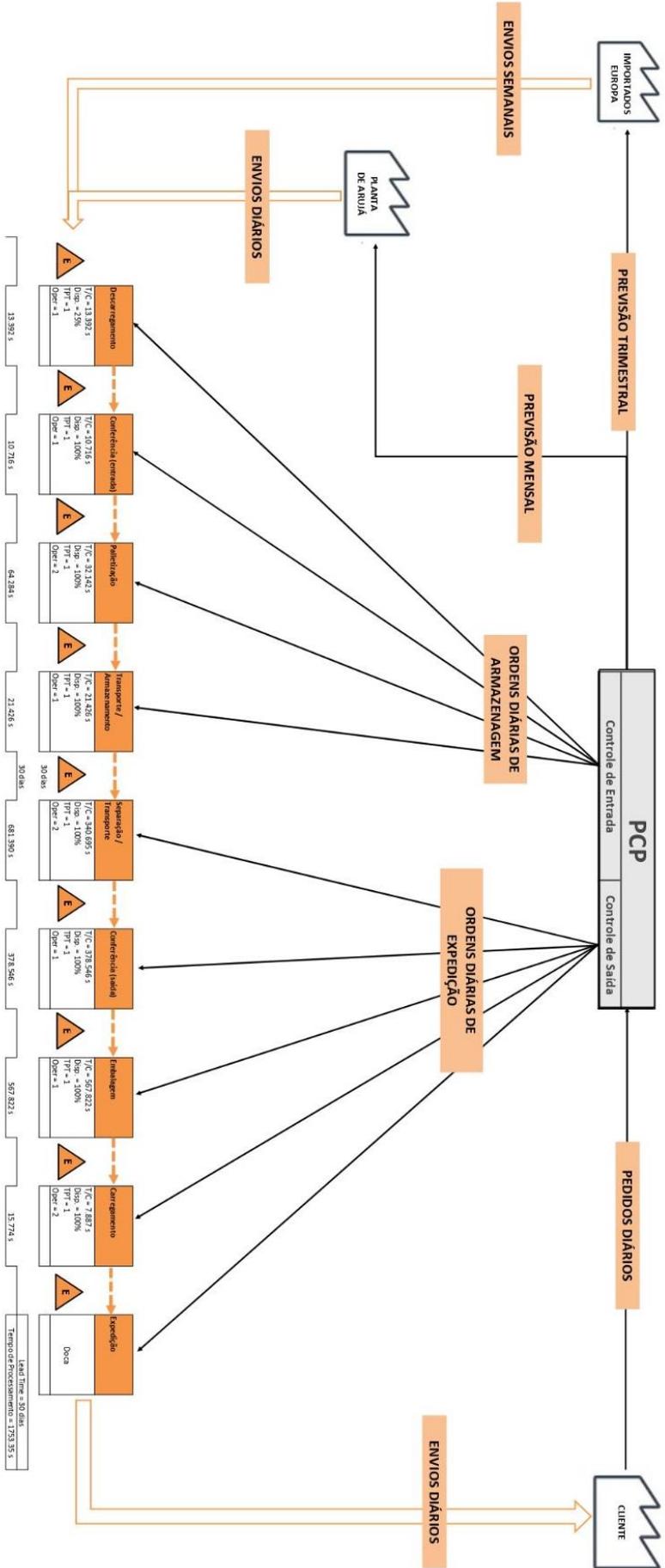
SANTOS, A. M. & RODRIGUES, I. A. **Controle de Estoque de Materiais com Diferentes Padrões de Demanda: Estudo de Caso na Indústria Química.** Gestão & Produção Vol. 3, n.2, p.221-231, 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2ª ed., São Paulo: Atlas, 2002.

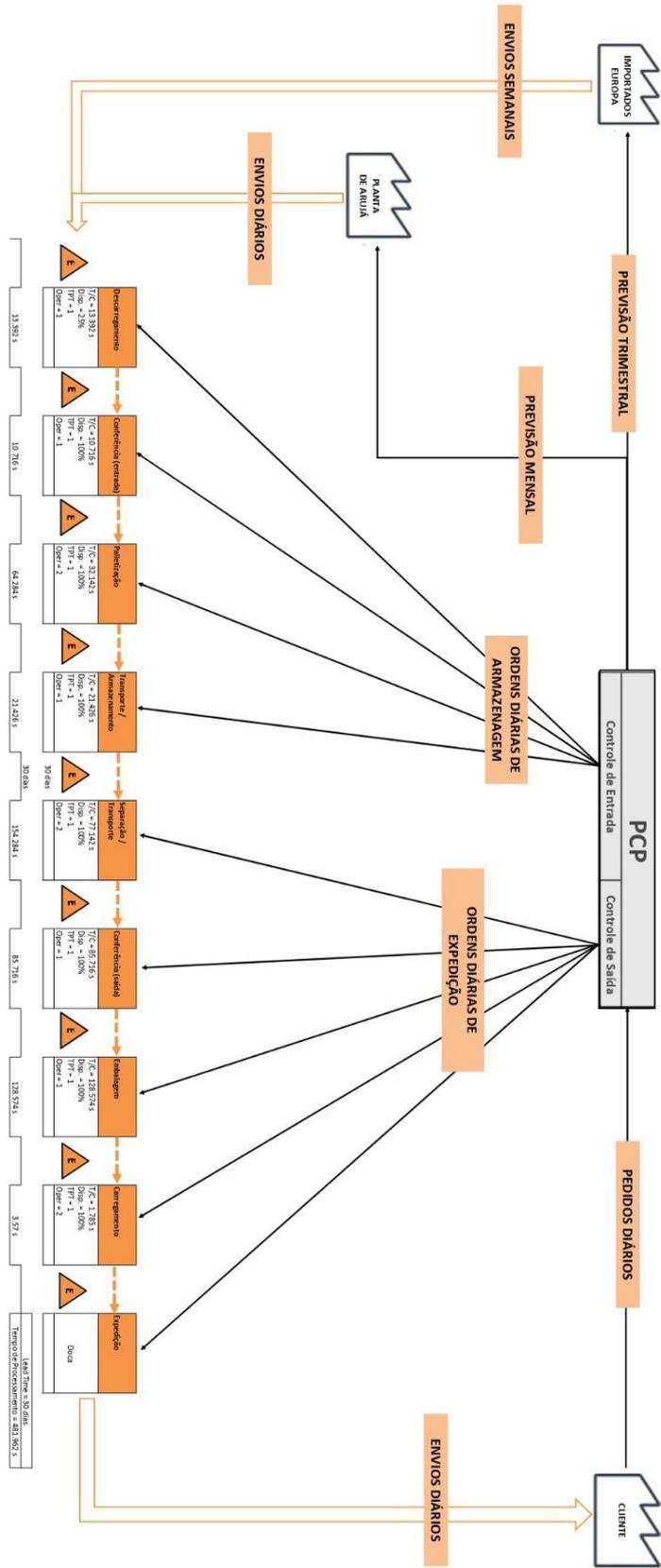
SOUZA, Igor Silva de. **Logística empresarial: melhorias, mudanças, complementações e objetivos do conceito de “cross-docking” utilizado nos armazenamento e transporte aplicados aos órgãos provedores da cadeia de suprimentos.** Resende: AMAN, 2018. Monografia.

6. ANEXOS

Anexo 1 - MFV *as is* cenário 1



Anexo 2 - MFV as is cenário 2

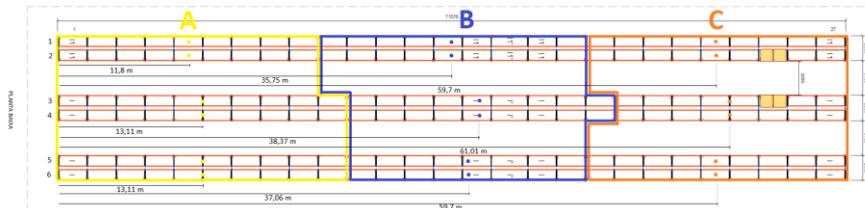


Anexo 3 - Cálculo das distâncias médias das categorias de produtos A, B e C

Comprimento box	2,622
Comprimento box'	3,322

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	
Y inicial	0	0	0	0	0	0	
Y final	23,60	23,60	26,22	26,22	26,22	26,22	Média Final
Distância média	11,80	11,80	13,11	13,11	13,11	13,11	12,67
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Y inicial	23,60	23,60	26,22	26,22	26,22	26,22	
Y final	47,90	47,90	50,52	50,52	47,90	47,90	Média Final
Distância média	35,75	35,75	38,37	38,37	37,06	37,06	37,06
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Y inicial	47,90	47,90	50,52	50,52	47,90	47,90	
Y final	71,49	71,49	71,49	71,49	71,49	71,49	Média Final
Distância média	59,70	59,70	61,01	61,01	59,70	59,70	60,13

Anexo 4 - Representação aproximada dos pontos de distância média



Anexo 5 - Cálculo da distância total percorrida em cada um dos cenários

Utilizando separação ABC				
Produto	A	B	C	
Mix de vendas	0,38	0,32	0,30	
Distância média (m)	12,67	37,06	60,13	
Quantidade (pallet)	38	32	30	Total
Distância percorrida (m)	963,15	2371,71	3607,92	6942,78

Utilizando separação ABC + Crossdocking				
Produto	A	B	C	
Mix de vendas	0,38	0,32	0,30	
Distância média (m)	12,67	37,06	60,13	
Quantidade (pallet)	26,60	22,40	21	Total
Distância percorrida (m)	674,20	1660,20	2525,54	4859,95

Atual (armazenamento aleatório)		
Produto	A, B ou C	
Distância média (m)	35,75	
Quantidade (pallet)	100	Total
Distância percorrida (m)	7149,40	7149,40

Ganhos em relação ao cenário atual	
Separação ABC	2,89%
Separação ABC + Crossdocking	32,02%

Anexo 6 - Representação aproximada dos pontos de distância média

Separação de pedido composto por um pallet de A

Utilizando separação ABC				
Produto	A	B	C	
Distância média (m)	12,67	37,06	60,13	
Quantidade (pallet)	1	0	0	Total
Distância percorrida (m)	12,67	0	0	12,67

Atual (armazenamento aleatório)		
Produto	A, B ou C	
Distância média (m)	35,75	
Quantidade (pallet)	1	Total
Distância percorrida (m)	35,75	35,75

Ganhos em relação ao cenário atual	
Separação ABC	64,55%

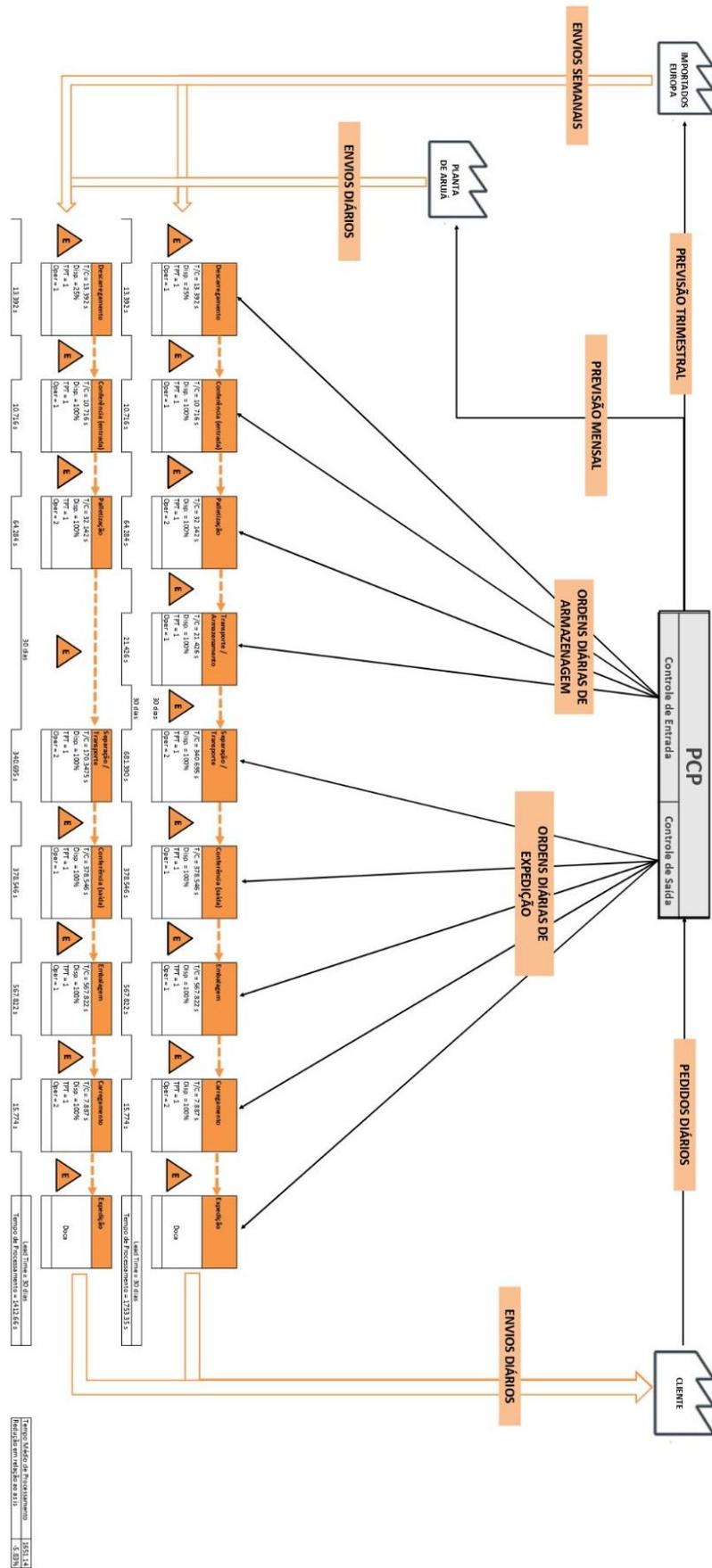
Separação de pedido composto por um pallet de A e um de B

Utilizando separação ABC				
Produto	A	B	C	
Distância média (m)	12,67	37,06	60,13	
Quantidade (pallet)	1	1	0	Total
Distância percorrida (m)	13	37	0	50

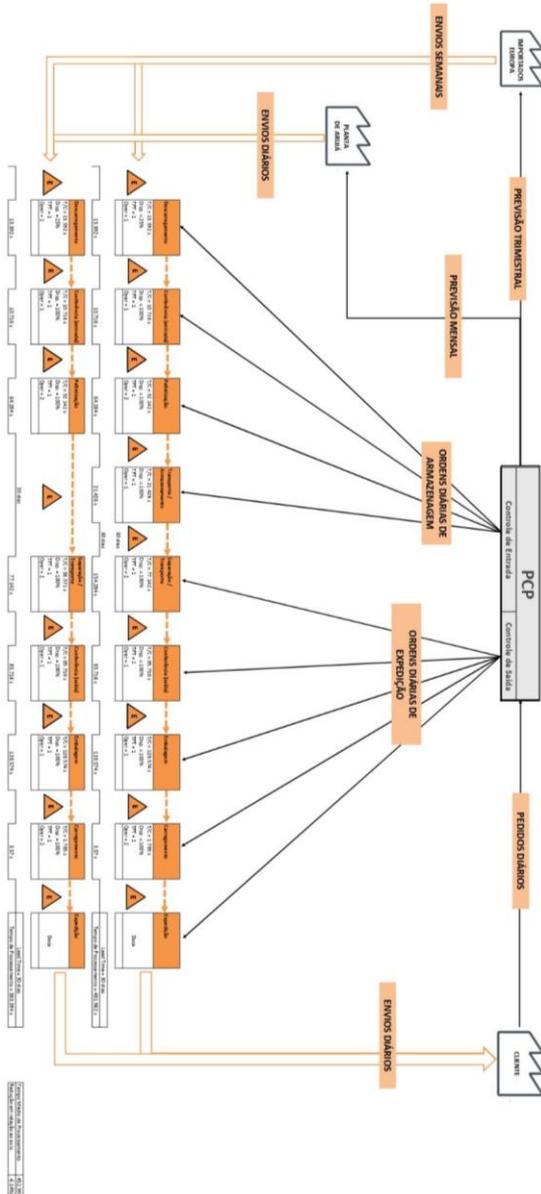
Atual (armazenamento aleatório)		
Produto	A, B ou C	
Distância média (m)	35,75	
Quantidade (pallet)	2	Total
Distância percorrida (m)	71,49	71,49

Ganhos em relação ao cenário atual	
Separação ABC	30,44%

Anexo 7 - MFV to be cenário 1.



Anexo 8 - MFV to be cenário 2.



Anexo 9 - Análise MFV Cenário 1

Atividades	Duração Total (min)	Pallets	Radiadores (unid)	Duração/pallet (min)	Duração/unid (min)	Operadores	Disp. (%)	min/dia	Disp. (min/dia)	Prod. teórica/mês (pallet)	Prod. Teórica /mês (unid)
Descarregamento	50	32	224	1.5625	0.2232	1	0.25	960	240	3379.20	23654.40
Conferência (entrada)	40	32	224	1.2500	0.1786	1	1	960	960	16896.00	118272.00
Palletização	120	32	224	7.5000	1.0714	2	1	960	960	5632.00	39424.00
Transporte/Armazenamento	80	32	224	2.5000	0.3571	1	1	960	960	8448.00	59136.00
Separação/Transporte	18	2	3.17	39.7476	11.3565	2	1	960	960	1062.70	3719.47
Conferência (saída)	20	2	3.17	44.1640	6.3091	1	1	960	960	478.22	3347.52
Embalagem	30	2	3.17	66.2461	9.4637	1	1	960	960	318.81	2231.68
Carregamento/Expedição	5	24	38.04	3.1250	0.2629	2	1	960	960	13516.80	160680.96

Anexo 10 - Análise MFV Cenário 2

Atividades	Duração Total (min)	Pallets	Radiadores (unid)	Duração/pallet (min)	Duração/unid (min)	Operadores	Disp. (%)	min/dia	Disp. (min/dia)	Prod. teórica/mês (pallet)	Prod. Teórica /mês (unid)
Descarregamento	50	32	224	1.5625	0.2232	1	0.25	960	240	3379.20	23654.40
Conferência (entrada)	40	32	224	1.2500	0.1786	1	1	960	960	16896.00	118272.00
Palletização	120	32	224	7.5000	1.0714	2	1	960	960	5632.00	39424.00
Transporte/Armazenamento	80	32	224	2.5000	0.3571	1	1	960	960	8448.00	59136.00
Separação/Transporte	18	2	14	9.0000	2.5714	2	1	960	960	4693.33	16426.67
Conferência (saida)	20	2	14	10.0000	1.4286	1	1	960	960	2112.00	14784.00
Embalagem	30	2	14	15.0000	2.1429	1	1	960	960	1408.00	9856.00
Carregamento/Expedição	5	24	168	3.1250	0.0595	2	1	960	960	13516.80	709632.00