

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HIGOR HENRIQUE CORREA MACIEL

METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE AGV NA INDÚSTRIA DO
AGRONEGÓCIO

CURITIBA

2022

HIGOR HENRIQUE CORREA MACIEL

METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE AGV NA
INDÚSTRIA DO AGRONEGÓCIO

Dissertação apresentada como resultado à obtenção do grau de mestre em Engenharia de Manufatura. Curso de Pós-graduação em Engenharia Manufatura, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan
Coorientador: Prof. Dr. Alessandro Marques

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Maciel, Higor Henrique Correa

Metodologia para implementação de AGV na indústria do agronegócio. / Higor Henrique Correa Maciel. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line: PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan. Coorientador:
Prof. Dr. Alessandro Marques.

1. Veículo (Móvel autoguiado). 2. Logística. 3. Produtividade. I. Catapan, Márcio Fontana. II. Marques, Alessandro. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Manufatura. IV. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE
MANUFATURA - 40001016171P2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE MANUFATURA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **HIGOR HENRIQUE CORREA MACIEL** intitulada: **Metodologia para implantação de AGV na indústria do agronegócio**, sob orientação do Prof. Dr. **MARCIO FONTANA CATAPAN**, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 19 de Julho de 2022.

Assinatura Eletrônica
27/07/2022 10:37:54.0
MARCIO FONTANA CATAPAN
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
22/08/2022 13:30:51.0
JAIRO MULLER WOLF
Avaliador Externo (ROBERT BOSCH LTDA)

Assinatura Eletrônica
09/08/2022 10:14:03.0
CHRISTIAN SCAPULATEMPO STROBEL
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
27/07/2022 16:46:44.0
ALESSANDRO MARQUES
Coorientador(a) (DEPARTAMENTO DE ENG. MECÂNICA UFPR)

Avenida Coronel Francisco Heraclito dos Santos, 100 - Curitiba - Paraná - Brasil
CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3123 - E-mail: ufprppgem@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 209880

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 209880

RESUMO

A quarta revolução industrial traz tecnologias para dentro do ambiente fabril, umas delas o veículo móvel autoguiado - AGV. A sua implementação significa maior agilidade, dinamismo e organização na operação em um ambiente industrial. O presente estudo traz a implantação dessa tecnologia em uma montadora de máquinas agrícolas de grande porte na região de Curitiba, onde é proposta uma metodologia com etapas de análise, implementação e validação da tecnologia. Cada etapa é dividida em fases com suas tarefas, nas quais, possuem entradas e saídas de informações e resultados. Como premissa da pesquisa, na etapa de análise, verifica-se uma perda considerável na mão de obra devido a ociosidade do operador e de seus recursos: carrinho transportador, espaço com o layout e modelos de abastecimento. O emprego de práticas da filosofia da manufatura enxuta, levou a definição de estratégias de como reduzir essas perdas e como avaliar as operações que garantiram maior assertividade ao projeto garantindo o sucesso da etapa de implementação. Com a estruturação de um método, foi possível substituir melhorar a produtividade de um equipamento rebocador pelo veículo móvel autoguiado. Os resultados demonstram ganhos financeiros expressivos em um tempo relativamente baixo de retorno: redução de 22% nos custos da operação com um payback estimando em apenas 40 dias, além do retorno de investimento (ROI) em 720%. A operação que era configurada em 80% como perda de mão de obra e equipamento (rebocador) foi substituída pelo AGV, de maneira segura e que realiza movimentos precisos. A análise da eficiência dos modais de abastecimento permite identificar o benefício da tecnologia a nível operacional. O AGV possui uma capacidade de realizar 95 movimentações em um único turno, enquanto o rebocador e seu operador realizam apenas 35 movimentações. Como resultados, a metodologia apresentada se demonstra clara e objetiva, além da eficiência do AGV no processo, assim como seu retorno financeiro para a empresa estudada.

Palavras-chave: AGV, logística, rebocador, metodologia, produtividade.

ABSTRACT

Industry 4.0, also called the Fourth Industrial Revolution, brings technologies into the manufacturing environment. One of them is the usage of auto guided vehicles - AGV - to ensure greater agility, dynamism and organization in the operation in an industrial environment. This work presents a case study in a large agricultural manufacturer in the region of Curitiba. Also, it is proposed a methodology to guarantee a smooth analysis, implementation and validation of the technology. From the studies presented in this document, it is possible to verify a considerable loss in manpower, due to the idleness of the operator and its resources, such as the conveyor cart, as well as layout restrictions and supply models. Using practices from the Lean Manufacturing philosophy, strategies were defined on how to reduce these losses by replacing idle labor with the autonomous vehicles. The results demonstrate significant financial gains in a relatively low payback time: a 22% reduction in operating costs with a payback estimated at 40 days and a return of investment (ROI) about 720%. An activity that used to displace the company's resources and was configured as 80% loss is replaced by an application that needs human intervention within an hour between shift changes. The AGV has the capacity to carry out 95 movements in a single shift, the tug and the labor only 35 movements. In conclusion, the efficiency of the AGV is clear to the process. It demonstrates that it is possible to carry out other studies to improve the level of service with the integration of other routes.

Key words: *AGV, Logistics, Tugger, Method, Productivity.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Modelo para condução da RBS - <i>roadmap</i>	18
FIGURA 2 – Mapa das principais palavras chaves	21
FIGURA 3 – Filtro 1 Da Seleção Dos Artigos.....	23
FIGURA 4 - Sistema filoguiado	30
FIGURA 5 - Sistema de faixas	31
FIGURA 6 - Sistema de triangulação a laser	32
FIGURA 7 - Sistema de marcadores	33
FIGURA 8 – Testes experimental de carregamento.....	34
FIGURA 9 - Gráficos das perdas logísticas	40
FIGURA 10 - Local de atuação da análise para proposta de melhoria.....	42
FIGURA 11 - Operador do rebocador com perda de produtividade	43
FIGURA 12 - Mapa estado atual do fluxo de valor	45
FIGURA 13 - Layout e caminho do setor logístico	47
FIGURA 14 - Sistema de gerenciamento das operações.....	49
FIGURA 15 - Folha de processo da operação de abastecimento da linha de montagem	51
FIGURA 16 - Sequência das soluções propostas	53
FIGURA 17 – Rota AGV	54
FIGURA 18 - Modal de abastecimento do frame com o AGV para a linha de produção	55
FIGURA 19 - Carrinho kit para montagem do teto	56
FIGURA 20 - Carrinho kit para montagem do vidro traseiro.....	56
FIGURA 21 - Carrinho kit para montagem do vidro lateral esquerdo	57
FIGURA 22 - Mecanismo de engate automático do AGV para carrinho unitário	58
FIGURA 23 - Mecanismo de engate automático do AGV para carrinho kit	58
FIGURA 24 - Especificação do sensor de segurança do AGV	61
FIGURA 25 - Sensor de segurança do AGV alerta luminoso e sonoro	62
FIGURA 26 - Folha de operações (SOP) do AGV	64
FIGURA 27 - Manual de operação do AGV	64

FIGURA 28 - Características técnicas do modelo do AGV selecionado – movimentação e alimentação	65
FIGURA 29 - Características técnicas do modelo do AGV selecionado – navegação e programação.....	66

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Resumo da busca em base	20
QUADRO 2 - Principais artigos pesquisados	21
QUADRO 3 - Proposta de método de implementação de um veículo autoguiado em uma empresa do agronegócio	33
QUADRO 4- Características das peças Bulky da fábrica de tratores: peso e frequência de abastecimento.....	40
QUADRO 5 - Sequência de montagem e abastecimento de kit	43
QUADRO 6 - Entrega do AGV	55
QUADRO 7 - Matriz de escolha do sistema de navegação.....	56
QUADRO 8 - Plano de manutenção AGV	59
QUADRO 9 - Fluxo de valor do estado futuro com a implementação do AGV	63
QUADRO 10 - Análise do custo anual do estado atual e futuro.....	64

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Gráfico de distribuição do tempo dos operadores logísticos no processo.....	41
GRÁFICO 2 - Análise das ocorrências de desvio da operação de abastecimento das peças em análise no posto de trabalho.....	47

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	15
1.2.	OBJETIVO DO TRABALHO	15
1.3.	JUSTIFICATIVA	16
1.4.	HIPÓTESE	16
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1.	DIRECIONAMENTO DA PESQUISA	18
2.1.1.	Fase 1 – Entrada	19
2.1.2.	Fase 2 – Processamento	20
2.1.3.	Fase 3 – Saída	20
2.2.	APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO DE PESQUISA	21
2.2.1.	Aplicação do filtro 2	22
2.3.	O SETOR DE LOGÍSTICA NAS EMPRESAS	25
2.4.	A INDÚSTRIA 4.0, O LEAN MANUFACTURING	27
2.5.	O AGV NA INDÚSTRIA 4.0	29
2.5.1.	Trajectoria fixa	30
2.5.2.	Trajectoria dinâmica	31
2.5.3.	Sistema de Segurança dos AGV	33
2.6.	O AGV NO SETOR DE LOGÍSTICA NAS INDÚSTRIAS	34
3.	MÉTODO	36
3.1.	ESTUDO DE CASO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM VEÍCULO AUTOGUIADO EM UMA EMPRESA DE AGRONEGÓCIO	38
3.1.1.	Etapa 1: Levantamento do problema	38
3.1.1.1.	Tarefa 1.1: Identificar os maiores custos da operação da empresa	39
3.1.1.2.	Tarefa 1.2: Mapear a operação in loco	41
3.1.1.3.	Tarefa 1.3: Identificar o processo	45
3.1.1.4.	Tarefa 1.4: Identificar a rota	47
3.1.1.5.	Tarefa 1.5: Identificar os sistemas utilizados	49
3.1.1.6.	Tarefa 1.6: Identificar o método de treinamento dos operadores	50
3.1.2.	Etapa 2: Implementação da melhoria – AGV	51
3.1.2.1.	Tarefa 2.1: Analisar a lógica do AGV	52
3.1.2.2.	Tarefa 2.2: Traçar nova rota logística	53
3.1.2.3.	Tarefa 2.3: Estabelecer modais de abastecimento	54

3.1.2.4.	Tarefa 2.4: Determinar novo ciclo de entrega	58
3.1.2.5.	Tarefa 2.5: Criar um trajeto	59
3.1.2.6.	Tarefa 2.6: Garantir a segurança do processo	60
3.1.2.7.	Tarefa 2.7: Garantir a durabilidade do equipamento	62
3.1.2.8.	Tarefa 2.8: Garantir o envolvimento da equipe	63
3.1.3	Viabilidade da implementação	66
3.1.3.1.	Tarefa 3.1: Mensurar novo processo	67
3.1.3.2.	Tarefa 3.2: Mensurar os custos da operação	68
3.1.3.3.	Tarefa 3.2: Operacionalizar as variáveis e os fatores	69
4.	DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES GERAIS	72
5.	CONCLUSÕES FINAIS	76
5.1.	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1. INTRODUÇÃO

A indústria está sempre em transformação e em busca de otimizar seus processos. O seu propósito é de se tornar mais competitiva e conciliar as novas tendências e exigências do mercado com margens de erros cada vez mais estreitas e padrões de qualidade cada vez maiores (DEUS, 2009).

Os armazéns são partes fundamentais da cadeia de suprimentos de uma indústria e o ponto central para o gerenciamento logístico. De acordo com De Koster, Le-Duc e Roodbergen (2007), eles podem ser descritos como instalações temporárias de bens. É importante que as empresas otimizem o dia a dia do fluxo de trabalho de um armazém até o abastecimento de linha e melhorem a sua eficiência e produtividade a fim de eliminar os desperdícios (atividades que não agregam valor ao produto). De tal forma, torna-se necessário potencializar os recursos disponíveis para a execução das atividades logísticas.

Em todo o fluxo de trabalho dentro de um armazém, a maioria das tarefas tradicionais como recebimento, armazenagem, embalagem e remessa de suprimentos, tendem a ser altamente otimizadas. A coleta de pedidos ou peças (*picking*), por outro lado, foi reconhecida como a tarefa mais onerosa em todo o fluxo de trabalho logístico dentro de um armazém. Essas atividades são responsáveis por até 60% da despesa operacional líquida de armazéns logísticos (DE KOSTER, LE-DUC E ROODBERGEN, 2007).

Santos Junior, Maciel e Catapan (2019) reforçam que a otimização da coleta de pedidos é de grande importância, pois o seu baixo desempenho pode levar à redução da eficiência geral e ao aumento dos custos operacionais. Todo o tempo dedicado ao processo é visto como o lead time de distribuição. E esse deve ser mínimo.

Assim, busca-se alternativas para redução de custos nas otimizações dos processos. Souza e Royer (2013) defendem que a aplicação de uma ferramenta da Indústria 4.0 é uma solução eficiente que garante que a mão de obra seja utilizada em processos realmente necessários.

A introdução dos veículos móveis autoguiados (AGV), uma ferramenta da Indústria 4.0, proporciona uma flexibilidade extremamente importante com benefícios evidentes para a cadeia de produção. Lee et al. (2018) definem o AGV como sendo uma empresa sem motorista, orientável e com rodas, acionado por motores elétricos

que consomem energia de baterias. Ele segue caminhos predefinidos ao longo de um corredor para entregar materiais de um ponto a outro. O veículo carrega e descarrega cargas de forma autônoma.

Hrušecká, Lopes, Juříčková (2019) complementam que o AGV é o tipo mais recente de veículo introduzido na empresa. Eles possuem o potencial de desempenhar um papel crítico no apoio a uma variedade de serviços: coleta de pedidos, consolidação, logística reversa, fabricação conforme demanda do cliente e suporte ao cliente. Por sua flexibilidade, em caso de aumento da produção, e redução considerável do risco de acidentes de trabalho, o veículo em questão vem recebendo maior destaque.

É nesse contexto que está inserido a motivação do presente estudo, o qual propõe a obtenção de melhorias no processo produtivo de uma multinacional de máquinas agrícolas a partir do desenvolvimento de uma metodologia para implementação de uma tecnologia da Indústria 4.0, o AGV.

A metodologia desenvolvida consistiu em três grandes etapas: levantamento do problema, implementação da melhoria e viabilidade da implementação.

A primeira teve como produto a identificação da oportunidade de otimização do cenário de abastecimento. Tanto a diretriz da localização (fábrica de tratores) quanto a operação a sofrer a transformação foram levantadas. A operação analisada consistia no transporte unitário de peças, a cada tempo ou ritmo de processo, com uma mão de obra e um equipamento (rebocador) realizando a operação. Por ser apenas uma atividade a cada ciclo, verifica-se que o operador possui um tempo ocioso expressivo e realiza atividades que não agregam valor a empresa.

A segunda etapa foi pautada nas fases para garantir a implementação do AGV. Todas baseadas em sua configuração e nos níveis de atuação que a melhoria demandaria de adequação. Foram consideradas as adequações ao processo e as características técnicas do AGV.

A última etapa teve como motivação a validação da proposta, o estudo da viabilidade de implementação. Nela, verificou-se o retorno financeiro. Comparou-se os custos do processo antes e depois do emprego do AGV e se calculou o retorno sobre investimento e o *payback* da melhoria. Destaca-se forma quantitativa os benefícios da implantação do sistema AGV em um processo produtivo.

1.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Atividades dentro da indústria são classificadas a partir da análise de desperdício, dentro dos moldes do *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), e servem como base de trabalhos para o tema. A premissa que se segue é que os processos devem ser otimizados para garantir maior competitividade.

Soma-se a esse cenário, propostas recentes de tecnologias da indústria 4.0 com aderência à logística. Como é o caso de robôs colaborativos, a exemplo o AGV, que demonstram uma imensidão de possibilidades e aplicabilidades.

Desta maneira, delimita-se o problema: qual o procedimento para identificação, implementação e análise do impacto financeiro de um veículo autoguiado em uma indústria de equipamentos do agronegócio?

1.2. OBJETIVO DO TRABALHO

Esta pesquisa tem como objetivo principal propor uma metodologia para implantação de AGV, no abastecimento de uma linha de produção, em uma empresa do agronegócio. Espera-se com isso eliminar atividades que não agregam valor em seu processo logístico.

Para atingir tal objetivo, as seguintes atividades são desenvolvidas e apresentadas como objetivos específicos:

- Analisar, junto a uma empresa do agronegócio, quais são as atividades que geram desperdícios industriais com os processos atuais da empresa, com o foco em substituição por AGVs;
- Identificar qual o melhor AGV e suas características para sanar o problema acima;
- Propor uma metodologia para implantar AGV na empresa estudada;
- Aplicar a metodologia através de um estudo de caso;
- Analisar os resultados de viabilidades técnicas e financeiras da implantação do AGV.

1.3. JUSTIFICATIVA

As empresas devem ter a capacidade de garantir a alta competitividade e qualidade com a maximização da utilização dos ativos e desenvolvimento de pessoas. Com a finalidade de garantir a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Assim, é preciso identificar e eliminar as perdas existentes nos processos (LOUZADA, 2004).

Ngo e Tran (2018) ressaltam que, atualmente, no campo da logística, muitas empresas e corporações executam soluções para reduzir os custos do trabalho, melhorar a produtividade e otimizar os benefícios.

Novaes (2016) afirma que a meta central da distribuição (coleta de pedidos) é levar os produtos corretos para os locais e momentos corretos. O nível de serviço desejado deve ser atingido, no caso, a demanda. Para o autor, o lead time é um dos conceitos mais representativos para a logística. Nele, consideram-se todas as atividades dentro do tempo de provisionamento. O período considerado é entre o início da atividade, produtiva ou não, e o seu término.

1.4. HIPÓTESE

Com o uso de um veículo autoguiado no abastecimento de peças e grupos de montagem de peças (*kits*), no setor logístico de uma empresa do agronegócio, espera-se que as atividades que não agregam valor associadas as movimentações logísticas e coleta de pedidos sejam eliminadas.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo atual apresenta uma introdução sobre o tema, uma breve contextualização da presente pesquisa. Assim como, os objetivos esperados, as justificativas e hipótese de solução do trabalho.

O estado da arte sobre o tema, com os trabalhos mais relevantes sobre o assunto é exposta na revisão bibliográfica. Temas como AGV aplicados nos setores de logística em empresas, principalmente as de grande porte, e trabalhos relacionados na

área são apresentados no capítulo 2. Assim é possível organizar de maneira que abranjam as várias frentes de pesquisa conduzidas por cientistas de todo o mundo.

O capítulo 3 conta com método proposto a ser aplicado neste estudo e a metodologia empregada em forma de estudo de caso. Nele, envolvem os métodos escolhidos para a análise e a justificativa do uso do AGV como redução de desperdícios na área de logística de empresas do agronegócio. Todas as sequências de atividades que governam a técnica para esta aplicação são descritas detalhadamente, de forma a permitirem o entendimento do método para a análise, implementação e mensuração da melhoria. Nesse capítulo, já são verificados e comentados os resultados das ações realizadas.

No capítulo 4, discussões e conclusões gerais, são levantados os resultados obtidos para a identificação das atividades atuais que não agregam valor, no setor de logística de uma empresa no segmento do agronegócio, que será o objeto de estudo deste trabalho. São realizadas comparações da bibliografia levantada no capítulo 2 e a aplicada no capítulo 3 através da implementação da metodologia proposta.

O capítulo 5 desta dissertação apresenta uma conclusão sobre os resultados obtidos, e apresenta as principais contribuições acadêmicas deste trabalho de pesquisa, além de sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De maneira a situar o estado da arte atual, este capítulo é dividido em tópicos correlatos. Partindo da maneira como foram pesquisados os principais temas relacionados a esta dissertação, até um resumo dos principais assuntos destacados. São eles: o setor de logística nas empresas, a indústria 4.0 e o *Lean Manufacturing*, o AGV na indústria 4.0, o AGV no setor de logística nas indústrias.

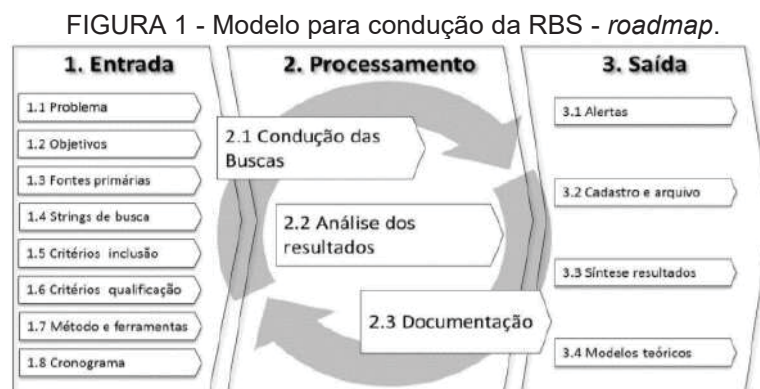
Os temas foram frutos de duas Revisões Bibliográficas Sistemáticas (RBS). Elas auxiliaram na identificação das lacunas de pesquisa e serviram como fundamentação teórica para os temas abordados em cada.

2.1. DIRECIONAMENTO DA PESQUISA

Para a presente pesquisa foi desenvolvida uma revisão bibliográfica sistemática, de natureza aplicada e caráter exploratório.

Na definição de Conforto, Amaral e Silva (2011), a “Revisão bibliográfica sistemática é o processo de coletar, conhecer, compreender, analisar, sintetizar e avaliar um conjunto de artigos científicos com o propósito de criar um embasamento teórico-científico (estado da arte) sobre um determinado tópico ou assunto pesquisado”. Dessa forma, é necessário executar as etapas de forma metodológica e sistemática, a fim que possa ser replicada.

O método utilizado será o RBS Roadmap, desenvolvido por Conforto et al. (2011), que organiza em fases e etapas. Possui 15 etapas distribuídas em 3 fases (Entrada, Processamento e Saída), conforme ilustrado na Figura 1.



FONTE: Conforto, Amaral e Silva (2011).

De acordo com as etapas e fases propostas pelos autores, conforme Figura 1, esta dissertação apresenta o seguinte posicionamento com implementação de cada fase.

2.1.1. Fase 1 – Entrada

Seguindo a mesma numeração proposta por Conforto et al. (2011) e adaptada essa dissertação, tem-se:

1.1. Problema: O que revelam os estudos acerca do AGV na área da logística nos moldes da indústria 4.0?

1.2. Objetivos: a) Conhecer as aplicações do AGV nas indústrias na esfera nacional e internacional; b) Identificar as lacunas de pesquisa nessa área.

1.3. Fontes primárias: Os artigos selecionados estão indexados aos bancos de dados Scopus e *Web of Science*.

1.4. Strings de busca: A definição das palavras-chave buscou ser o mais específico possível para filtrar as informações a serem analisadas, sendo definidas as seguintes: “AGV”, “logística”. Para montar a *string* de busca, foram utilizadas as mesmas palavras traduzidas para o inglês, visto que os trabalhos na língua portuguesa seriam incluídos nos resultados, devido à obrigatoriedade em conter palavras-chave em inglês nos artigos brasileiros. Sendo assim, a *string* de busca estruturada por operação lógico foi: (((supply chain) OR (Logistic*)) AND (AGV)). Para uma análise melhor dessas *strings*, será feito um levantamento inicial com essas palavras chaves na plataforma Scopus, pois é onde há uma maior concentração de artigos renomados e, a partir dessa, os dados serão minerados através do programa VOSviewer, onde demonstrará as palavras chaves mais citadas nos trabalhos. Assim, será possível melhorar as *strings* iniciais, inserindo ou não outras palavras, para o desenvolvimento deste trabalho.

1.5. Critérios inclusão: Os critérios adotados para inclusão dos artigos foram: periódicos revisados por pares, publicações realizadas nos últimos seis anos (de 2015 a 2020), artigos redigidos nos idiomas inglês e português, além de admitidos artigos de periódicos e capítulos de livro.

1.6. Critérios qualificação: Os artigos devem abordar as AGVs aplicadas à indústria no setor de logística.

1.7. Método e ferramentas: A pesquisa foi conduzida pela inserção da *string* de busca nas plataformas Scopus e *Web of Science*, adicionando critérios de inclusão e tabulando os dados no software Mendeley®.

1.8. Cronograma: A RBS contou com prazo aproximado de 2 meses, desde o planejamento até a conclusão.

2.1.2. Fase 2 – Processamento

Para a fase 2, segundo proposta de Conforto et al. (2011), tem-se:

2.1. Condução das buscas: O processamento dos dados foi realizado por tabulação no software Mendeley®, e com o objetivo de afunilar o assunto, aplicou-se os seguintes filtros:

Filtro preliminar (FP) - Conforme os critérios de inclusão: periódicos revisados por pares, publicações realizadas nos últimos seis anos (de 2015 a 2020), artigos redigidos nos idiomas inglês e português, além de admitidos artigos de periódicos e capítulos de livro;

Filtro 1 (F1) - Leitura dos títulos, palavras-chave e eliminação de artigos duplicados;

Filtro 2 (F2) - Leitura dos resumos;

Filtro 3 (F3) - Leitura integral.

2.2. Análise dos resultados: A análise dos resultados foi realizada de forma qualitativa, a fim de colaborar com a área de pesquisa.

2.3. Documentação: A documentação foi feita através do próprio Mendeley®.

2.1.3. Fase 3 – Saída

A fase de saída é composta pela seção dos resultados da pesquisa, juntamente com a análise, que será apresentada na seção 2.5.

Na fase 2, foram aplicados filtros a fim de definir os melhores resultados para análise. Após aplicação do filtro preliminar (periódicos revisados por pares, publicações realizadas nos últimos cinco anos (de 2015 a 2020), obteve-se 344 artigos. Com o filtro para trabalhos redigidos nos idiomas inglês (português não havia trabalho com esse filtro), além de admitidos artigos de periódicos e capítulos de livro, foram alcançados 94 artigos. Como essa dissertação se trata de uma pesquisa aplicada, pode-se imaginar que artigos em conferências tenham maior visibilidade e publicação. Ou seja, voltou-se para essa opção, ficando como filtro final: artigo em conferência, artigos de periódicos e capítulos de livro. Desta forma com esse filtro ficou em 290 artigos.

Com o filtro na área de publicação sendo em Engenharia, Negócios, Meio ambiente, sustentabilidade, ficou com o total de 207 artigos.

Conforme o mesmo método proposto por Conforto et al. (2011), que será tratado em detalhe no item 2.2.1 desta pesquisa, a sequência descrita é na base *Web of Science*. Assim, ao aplicar as *strings* ("supply chain" OR "Logistic*") AND ("AGV" OR "automat* guided vehicle*" OR "mobile robots")), inicialmente, foram obtidos 207 artigos como resultado total bruto.

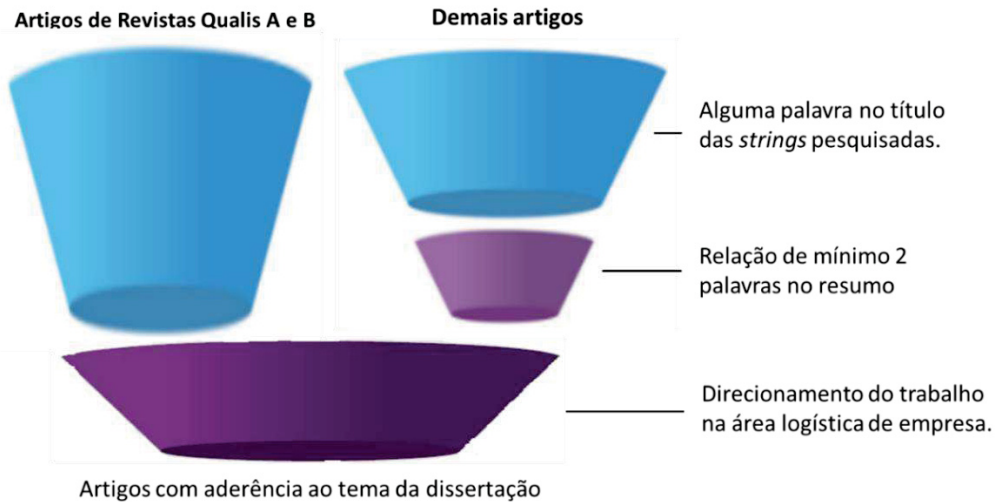
Na fase 2, foram alcançados 164 artigos em periódicos e conferências. Porém apenas 122 estavam com o status como finalizados. Esses que foram utilizados para esta dissertação. No último filtro em relação a área de publicação sendo em Engenharia, Negócios, Meio ambiente, sustentabilidade, onde 79 artigos permaneceram como da área de atuação.

2.2.1. Aplicação do filtro 2

Conforme descrito no item 2.2, foi pesquisado em duas plataformas e já aplicado o Filtro 1. Obteve-se 207 artigos na base Scopus e 79 na Web of Science, totalizando 286 artigos, os quais foram transferidos para a plataforma Mendeley®.

Assim, usando essa plataforma e seguindo a metodologia proposta por Conforto et al. (2011), o próximo passo realizado foi a exclusão dos artigos repetidos. Neste passo, poucos artigos estavam duplicados, ficando ainda com os 279 artigos. Seguindo os critérios de exclusão, foi realizado uma seleção dos artigos da seguinte maneira: Os artigos dos periódicos com Qualis A e B foram todos selecionados para um próximo filtro, os demais seguiram a sequência como demonstrado na Figura 3.

FIGURA 3 – Filtro 1 Da Seleção Dos Artigos.



FONTE: Adaptado De Conforto, Amaral E Silva (2011).

Os artigos em periódicos qualificados como “A” e “B”, tiveram um número relativamente pequenos. Apenas 37 artigos estavam nessa classificação. Esses passaram apenas no terceiro filtro, que será descrito mais na sequência deste trabalho. Para realizar a seleção dos artigos demonstrados na Figura 3, todos os títulos dos artigos foram lidos e, selecionados quando continha alguma palavra das *strings* pesquisadas. Assim, chegou-se ao número de 157 artigos.

Em seguida foi executado o filtro 2 (leitura dos resumos) e procurado a relação de no mínimo 2 palavras (das *strings*) sendo correlacionadas, onde permaneceram 126 artigos. Por fim, o último filtro teve como objetivo analisar se os trabalhos pesquisados tinham aderência com a área industrial e, em especial, se estavam direcionados a área logística das empresas. Pois, alguns trabalhos tinham outro viés, como na área da medicina, programação de AGVs, entre outros. Nesse filtro, além dos 126 artigos, foram analisados os 37 de revistas qualificadas, somando 163. Com esse filtro, reduziu-se para 46 artigos selecionados para a leitura final (de artigo completo). Um resumo dos dados quantitativos obtidos através da RGS se apresenta no Quadro 1.

QUADRO 1 - Resumo Da Busca Em Base De Dados

Base de dados	String de busca	Itens de procura	Total Bruto	1	2	3
Scopus + Web of Science	(("supply chain" OR "Logistic*") AND ("AGV" OR "automat* guided vehicle*" OR "mobile robots")).	título, resumo e palavras-chave	286 (37 + 249)	157 + 37	126 + 37	46

FONTE: O Autor (2022)

Para o filtro 3 foram obtidos os artigos para leitura integral. Após esse filtro, os critérios aplicados não foram de eliminação, mas sim de classificação quanto ao impacto para a pesquisa, definindo como baixo impacto os artigos que não aplicam efetivamente nenhuma do uso de AGVs (e nomes correlatos), apesar de citá-las no decorrer do trabalho como uma oportunidade; os trabalhos de médio impacto possuem essa aplicação, mas não tratando diretamente na área de logística de uma empresa; e as pesquisas de alto impacto são todas as outras, ou seja, são aplicações de AGVs na indústria e no setor de logística.

No Quadro 2 estão listados os resultados da RBS após o filtro 3, relacionando o impacto para a pesquisa, em relação as cores (vermelha para baixa, amarela médio e verde alto impacto).

QUADRO 2 - Principais Artigos Pesquisados Artigos que não aplicam efetivamente nenhum uso de AGV
Global Logistics in the Era of Industry 4.0
Investigating automation and AGV in healthcare logistics: a case study based approach
Evaluation of ipt systems application using simulation
The PAN-robots project: Advanced automated guided vehicle systems for industrial logistics
Novel Rough Range of Value Method (R-ROV) for selecting automatically guided vehicles (AGVs)
State of the art on design and management of material handling systems
The development of stereoscopic warehouse stacker control system based on motion controller
Cooperative cloud robotics architecture for the coordination of multi-AGV systems in industrial warehouses
Safety issues and requirements of AGV
Semi-automated map creation for fast deployment of AGV fleets in modern logistics
The Dynamics of Data Packet in Transmission Session
Predictive path following with arrival time awareness for waterborne AGVs
Hybrid evolutionary algorithm for industrial automation: Agv dispatching and robot-based assembly line
Building a warehouse control system using RIDE
The application of service robots for logistics in manufacturing processes
Advanced sensing and control techniques for multi AGV systems in shared industrial environments
Fusing low-cost sensor data for localization and mapping of automated guided vehicle fleets in indoor applications
The literature review of research on modeling of automated guided vehicle's picking route
Highly-scalable traffic management of autonomous industrial transportation systems
Possuem Aplicação, mas não trata diretamente na área da logística
Winner determination problem in multiple automated guided vehicle considering cost and flexibility
Adaptive network analytics for managing complex shop-floor logistics systems
Optimal order picker routing in a conventional warehouse with two blocks and arbitrary starting and ending points of a tour
The Method of AGV Detection and Cargo Status Recognition Based on Globe Vision
Navigation and Tracking of AGV in ware house via Wireless Sensor Network
Fuzzy-set qualitative comparative analysis applied to the design of a network flow of automated guided vehicles for improving business productivity
New Automated Guided Vehicle System Using Real-Time Holonic Scheduling for Warehouse Picking
AGV controller based on improved particle swarm optimization
A simulation model for the need for intra-plant transport operation planning by AGV
Optimizing the Scheduling of Autonomous Guided Vehicle in a Manufacturing Process
Application of self-location system using a floor of random dot pattern to an automatic guided vehicle
Research of AGV positioning based on the two-dimensional Code Recognition Method
Modeling and tracking of dynamic obstacles for logistic plants using omnidirectional stereo vision
AUTOMATED LOGISTIC SYSTEMS: NEEDS AND IMPLEMENTATION
Multi-objective AGV scheduling in an automatic sorting system of an unmanned (intelligent) warehouse by using two adaptive genetic algorithms and a multi-adaptive genetic algorithm
Aplicações de AGV na industria
Research on intelligent logistics AGV control system based on PLC
Towards a Plug and Play Architecture for a Materialflow Handling System
Min-Max-Strategy-Based Optimum Co-Operative Picking with AGVs in Warehouse
Storage assignment policy and route planning of agvs in warehouse optimization
Smart AGV System for Manufacturing Shopfloor in the Context of Industry 4.0
Research and develop of AGV platform for the logistics warehouse environment
Evolution of automated guided vehicles (AGVs) in the logistics 4.0 landscape: A classification framework and empirical insights
AGV systems - Autonomous vehicles in metallurgy
Challenges in the introduction of AGVs in production lines: Case Studies In The Automotive Industry
Comparison of the traditional and autonomous AGV systems
Forklifts, automated guided vehicles and horizontal order pickers in industrial environments. Energy management of an active hybrid power system based on batteries, PEM fuel cells and ultracapacitors
Application of AGV in intelligent logistics system

FONTE: O Autor (2022).

Desta forma, a revisão bibliográfica foi levantada e os assuntos mais pertinentes a essa pesquisa serão expostos a seguir.

2.3. O SETOR DE LOGÍSTICA NAS EMPRESAS

As atividades logísticas já foram associadas apenas a transporte e armazenagem. Tal conjuntura evolui para que ela, atualmente, seja considerada um dos princípios básicos na concepção da estratégia competitiva das empresas (NOVAES, 2016).

Ela atua como apoio à manufatura e é composta por todas as atividades realizadas no suporte ao fluxo de materiais na manufatura. Os produtos em processo são movimentados até o abastecimento das linhas de produção de acordo com os planejamentos de produção, com a realização das coletas de pedidos (FARIA, 2012).

Os materiais passam por uma série de etapas, sequência de máquinas, estoques e equipamentos dentro da empresa ao longo do seu processo de transformação para chegar ao resultado como produtos ou serviços (BOWERSOX, 2010).

Para Meyers (2000), a movimentação dos materiais compreende oito dimensões distintas:

- Movimento: a necessidade de direcionar materiais, peças e produtos acabados de um lugar para outro. Considera a eficiência do transporte do material durante sua transformação para movimentar o mais rápido possível, com segurança e integridade;
- Quantidade: A quantidade ditará o tipo e natureza do equipamento a ser utilizado, tal como o custo associado a essa movimentação a demanda varia entre operações em qualquer processo de produção.;
- Tempo: cada passo ou processo num empreendimento requer que os suprimentos estejam disponíveis nos momentos necessários;
- Lugar: o material é de pouco significado em qualquer atividade, a não ser que esteja no local próprio para o uso;
- Material: o material é qualquer material, volume ou carga unitizada, em qualquer forma – sólido, líquido ou gasoso;

- Estocagem: a estocagem do material oferece um pulmão entre as operações, facilita o uso eficiente de pessoas e máquinas e oferece organização eficiente de material;
- Espaço: espaço de armazenamento, usado ou não, é um dos mais importantes elementos em qualquer fábrica. As necessidades de espaço e o controle de estoque são influenciados pelo tipo de fluxo de material;
- Controle: o controle verdadeiro do material exige o controle físico e da condição do material. O controle físico é o controle da orientação, da sequência e do espaço entre os materiais. O controle da condição é a consciência, em tempo real, de localização, quantidade, destino, origem, proprietário e programa dos materiais.

A logística atual das linhas de produção, baseia-se frequentemente em esteiras (quando é tratado de empresas com produtos pequenos) e outros sistemas de transporte, cuja configuração é extremamente rígida. Qualquer alteração no fluxo de materiais, que implique a sua modificação, tem custos associados e tempos de espera extremamente elevados. Este fato torna inviável ou muito dispendiosa a reconfiguração da linha de produção conforme exposto por Meyers (2000).

Uma alternativa utilizada é o recurso a empilhadoras e carros transportadores. Essas dotam o transporte de materiais certa flexibilidade. Contudo, são soluções que necessitam de trabalhadores qualificados para os conduzir. O acréscimo de custos com uma equipe especializada tem como consequência a redução dos índices de produtividade.

Conforme expõe Bowersox e Closs (2001), a logística interna não decorrem de uma integração pacífica entre as organizações. Demonstra-se necessário identificar obstáculos, ou dificuldades, que, regularmente, dificultam o processo de integração interna. Uma exigência real e presente para uma grande parte das empresas é um sistema logístico interno bem estruturado que garantam e procurem providenciar seus produtos e serviços em nível adequado através de sua manufatura.

Seja de natureza científica ou simplesmente motivado pela prática, a simplificação do método de trabalho estabelece um meio que favorece diretamente a produtividade e se apresenta como uma melhoria ao processo. Para se tornar mais

simples; mais barato; menos fatigante; rápido e com melhores atributos ele passa por diversas modificações (COSTA, 2000).

2.4. A INDÚSTRIA 4.0, O LEAN MANUFACTURING

É notória a semelhança dos conceitos da Indústria 4.0 com o *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta) e, apesar de terem bases e objetivos diferentes em cada área em questão, as suas intersecções são extremamente interessantes.

Furstenau e Kipper (2018) apresentam o desenvolvimento de uma cultura orientada para a satisfação final do cliente são as bases que tangenciam tanto o Lean quanto a Indústria 4.0.

Já, o ponto em que se intersectam para se complementar, é na busca pela eliminação de perdas de processo. Essas perdas podem ser identificadas com a utilização de ferramentas da manufatura enxuta e solucionadas por iniciativas baseadas nas inovações da Indústria 4.0. Por exemplo, uma empresa que gasta muito tempo para compilar informações manualmente em banco de dados, pode-se utilizar o *Big Data*. A criação da subida automática de arquivos, o ganho no tempo de análise destes dados, antes manuais, podem produzir muitas decisões mais assertivas e informações gerenciais cada vez mais ágeis e fáceis de serem visualizadas.

Gonzales (2006) acrescenta que o sucesso dos planos de melhoria não se sustenta somente na descoberta de pontos de desperdício, mas, também, no resultado de projetos ambiciosos. Afirma que o apoio e o envolvimento da equipe no processo de reestruturação de hábitos e percepções passadas atrelado a metas arrojadas resulta em conquistas de melhorias expressivas.

As perdas mencionadas têm como conceito atividades que agregam e as que não agregam valor ao processo final e ao produto. A primeira se vincula a todas as atividades que são vitais para o processo e que não podem ser cortadas nem otimizadas e a segunda as que devem ser suprimidas (OHNO, 2015).

A exemplo, a montagem do capô de um carro na indústria. A atividade agrega valor, pois o capô, que é apenas uma peça metálica, a partir da sua montagem no carro se transforma em algo necessário para o carro. Já ao analisar o transporte desse capô do fornecedor até a linha de montagem, ela se configura como uma atividade que não agrega valor. O consumidor não está pagando pelo fato de ser um fornecedor mais

longe ou mais perto da indústria e configura-se, assim, como uma atividade que não agrega valor (OHNO, 2015).

O *Lean Manufacturing* incentiva a implementação de ferramentas e técnicas para implantação e manutenção da metodologia. De acordo Silva et al. (2008), sua metodologia tem como objetivo principal a eliminação de perdas, a partir do aumento da produtividade, da redução do *Lead Time*, da redução do estoque, da implementação de um fluxo uniforme de produção, da redução do tempo de setup, segurança, qualidade e padronização da produção.

Uma ferramenta conhecida para resolução e compreensão de problemas dentro da metodologia *Lean Manufacturing* criada pelos fundadores do TPS, e apresentada por Ohno (1997) é a ferramenta de 5G. Com ele é possível seguir uma sequência lógica de pontos a serem verificados.

Ela consiste em um conjunto de ações que remetem a palavras iniciadas com “G” em japonês: ir até o local em que o problema foi verificado a fim de verificar in loco a atividade, examinar o objeto para avaliar as condições em que foi encontrado e como elas ocorrem, analisar os princípios de funcionamento dos processos, checar os fatos e dados a partir da quantificação das atividades e potenciais erros e, por fim, validar a teoria, o padrão. O último representa o problema analisado e que devem ser seguidos.

Já, Bicheno (2008) indica o gráfico de Espaguete como uma ferramenta visual importante para o *Lean Manufacturing*. A ferramenta consiste em estudar a movimentação e a trajetória percorrida por um funcionário ou por uma operação completa, com o objetivo de estudar seus caminhos, perdas que possam ocorrer e possíveis otimizações identificadas a partir do mapeamento dos processos e movimentação.

O mapa de fluxo de valor, também citado por Bicheno (2008), é a ferramenta que guia a implementação de melhoria. A sua aplicação permite acompanhar a evolução do processo com a melhoria uma vez que é utilizada para a situação atual e futura. Além de trazer uma clareza sobre as etapas do processo, a ferramenta permite identificar os pontos do processo com maiores perdas.

Dentre as soluções previstas na Indústria 4.0, para o setor da logística se destaca o AGV. A qual será apresentada em detalhe nas próximas seções.

2.5. O AGV NA INDÚSTRIA 4.0

Para Santos (2013), o AGV é um veículo móvel autoguiado utilizado em ambientes que requerem transporte de produtos na produção e em armazéns. Esse é programado para transportar materiais, através de rotas definidas de busca e entrega de produtos, dentro de instalações de manufatura e de distribuição. Eles surgem como uma alternativa à solução clássica de ter empilhadoras e rebocadores, assim como seus motoristas transportando matérias-primas e produtos no chão da fábrica.

Esses veículos podem comunicar uns com os outros para a otimização de suas rotas assim como passar ou solicitar informações para outras máquinas e equipamentos. Eles podem ser integrados a qualquer ambiente (ALBERT, RUBIO, VALERO, 2019).

Ngo e Tran (2018) descrevem que os AGV possuem diferentes modelos/configurações que dependem da aplicação desejada. Os mais comuns são os Rebocadores (transporte tipo "trem") e os Carregadores (transporte tipo "caminhão"). Utiliza-se também a adaptação de garfos para que os AGV trabalhem como empilhadeiras no transporte de pallets.

Atualmente, possuem vasta aplicação na indústria automotiva, alimentícia e farmacêutica. Mas, podem, também, ser encontrados nas mais diversas áreas como por exemplo hospitais e portos.

Para Santos (2013), o AGV tem algumas vantagens, como:

- Flexibilidade: podem ser instalados nas fábricas com poucas ou nenhuma modificação na estrutura fabril. Além disso, esses permitem se adaptar rápida e facilmente às mudanças do ambiente de operação. Assim como, mudanças da sequência do transporte dos materiais;
- Eficiência: o recurso e sistemas de AGV permitem que as operações fiquem mais eficientes. É possível monitorar sua localização em tempo real. Para os casos que seguem uma rota fixa, garante confiabilidade ao processo.
- Redução de custos: reduzem os custos operacionais, uma vez que podem trabalhar continuamente sem interrupções durante todo o dia com pouca ou nenhuma supervisão.

Com a introdução dos AGVs, ganha-se uma flexibilidade extremamente importante com benefícios evidentes para a linha de produção. Atinge-se um transporte estável e eficiente, garantindo vantagens aos usuários deste sistema e à produção (ATLEE, 2011).

Quanto a navegação do AGV, pode-se caracterizar de algumas maneiras, também chamadas de trajetórias (fixa e dinâmica), as quais poderão ser vistas a seguir.

2.5.1. Trajetória fixa

Dentro do sistema de trajetórias fixas, basicamente se tem de duas maneiras. São elas os sistemas filoguiado e o de faixas.

Lima (2010), sistema filo guiado, ilustrado em 4a, consiste na definição do percurso do AGV por intermédio de condutores elétricos embutidos no chão. Como se pode observar na figura 4b, esses criam um campo magnético, devido à corrente elétrica sinusoidal que os atravessa, campo esse que é detectado por uma antena colocada no AGV.

FIGURA 4 - Sistema filoguiado



(a) Navegação em Sistemas Filo guiados.



(b) Campo Magnético em Sistemas Filo guiados.

FONTE: Adaptado de Transbotics, 2022.

Um sistema não flexível não permite que as rotas possam ser alteradas facilmente. Além disso, para realizar alterações é necessário implantar, novamente, condutores no chão e tal implica maiores custos. Por isso, não é usado em indústrias que necessitem reconfigurar o layout diversas vezes. Porém, trabalhos como Da Silva (2011) ressaltam que é amplamente usado, devido à sua simplicidade e robustez.

Já o sistema de faixas é definido por uma fita magnética fixada ao chão, ou por linhas pintadas, como é representado na Figura 5. Funciona de forma semelhante ao método anterior, porém, com um sensor apropriado para detectar as faixas.

FIGURA 5 - Sistema de faixas



FONTE: Adaptado de Transbotics, 2022.

A principal vantagem desse sistema sobre o anterior é que as rotas podem ser trocadas fácil e rapidamente, com menos custos associados e em menor tempo. Isso permite que seja um método mais flexível.

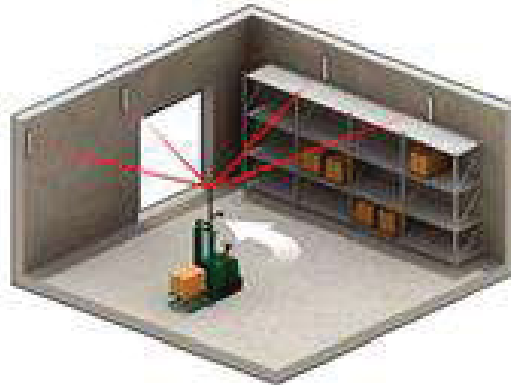
A principal desvantagem é que se a fita danificar ou sujar com a movimentação de pessoas ou objetos sobre ela, o AGV pode deixar de identificar e, conseqüentemente, o AGV não conseguirá continuar o percurso, como explicam Da Silva (2011) e Santos (2013). O sistema de faixas é recomendado para AGVs de baixo custo e de pequenas dimensões, também denominados de AGCs (*Automated Guided Cart*).

2.5.2. Trajetória dinâmica

Dentro do sistema de trajetórias dinâmicas, basicamente, existem duas configurações atualmente. São elas os sistemas de triangulação laser e o de marcadores.

No sistema de triangulação a laser são colocados postes ou faróis refletores em colunas, paredes e em outros locais altos de fácil acesso ao laser localizado no AGV, tal como é ilustrado na Figura 6.

FIGURA 6 - Sistema de triangulação a laser



FONTE: Adaptado de Transbotics, 2022.

Conforme demonstrado na Figura 6, o laser executa um varrimento rotativo à procura desses postes, que são usados como pontos de referência para a localização do veículo. É necessário detectar pelo menos três desses pontos luminosos para ser capaz de obter a sua localização. Para respeitar esta condição é necessário que haja um bom planeamento da disposição dos postes. Com esta condição cumprida, o AGV nunca se perde e a área é mapeada e guardada na memória do AGV.

A forma de navegação citada é a mais viável, quando se trata de segurança e precisão na posição do veículo. É a solução com maior flexibilidade, contudo, de maior custo (DA SILVA, 2011).

Já o sistema de marcadores, como o próprio nome diz, consiste na marcação no chão da fábrica de pequenos discos magnéticos espaçados entre si, como é possível visualizar na Figura 7.

Santos (2013) os definem como sendo marcadores magnéticos mais simples, onde não é possível aferir a posição absoluta do AGV. Contudo, é também possível guardar, previamente, as coordenadas dos marcadores numa base de dados fornecendo informação ao AGV da sua localização. Os marcadores poderão ainda informar a trajetória seguinte de forma a direcioná-lo para o próximo marcador pretendido. Caso o AGV se desvie da trajetória idealizada, por acumulação de erros, ele não irá encontrar o próximo marcador. Como consequência, o AGV ficará perdido. Essa é a solução, normalmente, usada em conjunto com um giroscópio que analisa as variações de direção.

FIGURA 7 - Sistema de marcadores



FONTE: Adaptado de Transbotics, 2022.

Sem dúvidas é uma solução bastante flexível, permitindo que os caminhos sejam alterados de maneira fácil e rapidamente. Ressalta-se que é a solução de trajetórias dinâmicas com menor custo.

2.5.3. Sistema de Segurança dos AGV

Para garantir a integridade do AGV e do meio que o envolve (pessoas, produtos que transportam e máquinas), os AGV dispõem de dispositivos de segurança.

Os AGV são construídos segundo normas internacionais, como a europeia para segurança de veículos autônomos (EN1525 - *Driverless industrial trucks and their systems*). Santos (2013) destaca algumas particularidades no quesito segurança. A saber:

- Detecção de colisões: sensores de obstáculos que detectam objetos no seu campo de alcance e calculam a distância até estes. O AGV irá reduzir a velocidade ou até parar para prevenir colisões. Além disso, podem usar para-choques que quando acionados garantem a parada instantânea do AGV em caso de o sensor de obstáculos não ter atuado;
- Sinal Áudio/ Visual: conjunto de dispositivos de sinalização, tais como sinais de luzes piscando, ou alertas sonoros, que indicam o estado do AGV ou avisam os trabalhadores da sua presença;
- Controlo Manual: controle manual e de botões de emergência para a parada brusca do AGV.

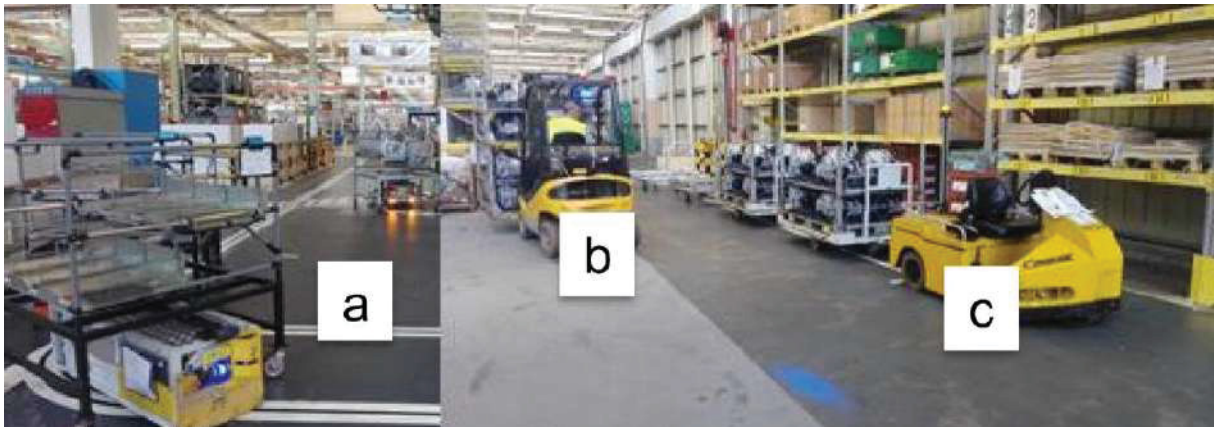
2.6. O AGV NO SETOR DE LOGÍSTICA NAS INDÚSTRIAS

Hrušecká, Lopes, Juříčkova (2019) utilizam referencial da aplicabilidade bem-sucedida do AGV em processos logísticos, suas respectivas ferramentas aplicadas à chamada logística de manufatura. Segundo eles, essas ferramentas funcionam juntamente com os processos, visando estabelecer um formato integrado de gestão. Assim, as empresas se mantêm em um ciclo de melhoria contínua e de aprendizado com o uso de novas tecnologias.

As rotas usuais dos fluxos logísticos são identificadas: (1) coleta; (2) controle de fluxo (por meio do controle visual de posições cheio e vazio – *Kanban*); (3) peças provenientes de empresas externas ao grupo (POG); (4) produtos acabados; (5) um específico tipo de fornecedor; e (6) preparação.

A Figura 8 mostra três cenários distintos de abastecimento dentro do meio industrial analisado por Ngo e Tran (2018, apud Hrušecká, Lopes, Juříčkova (2019)). A saber: item transportado de maneira autônoma, abastecimento por empilhadeira e por fim com rebocador.

FIGURA 8 – Testes experimental de carregamento



FONTE: Ngo E Tran, 2018.

Na Figura 8, no cenário “a”, o item é transportado autonomamente sem a necessidade da intervenção humana. Também, sem a necessidade da mão de obra humana para operar o equipamento. Além disso, o AGV, por meio dos engates nos carrinhos, tem a capacidade de transportar mais de uma carga por viagem. Tal mecanismo otimiza rotas e o cadenciando do abastecimento conforme o *takt time* proposto.

Já no cenário B, tem-se um abastecimento realizado por empilhadeiras. Essa, por mais que, muitas vezes, possa transportar cargas mais pesadas que os outros dois modelos de abastecimento em questão, é o que deve ser menos utilizado. O equipamento em questão não carrega mais de um material ao mesmo tempo durante o transporte. Também, confere uma segurança inferior à operação. Como a carga é içada, a elevação prejudica o campo de visão do operador.

No terceiro cenário, a utilização do rebocador se mostra em vantagem quando comparado com a empilhadeira. Uma vez que pode levar grandes comboios e principalmente quando esses comboios possuem carrinhos com rodízios, que podem ser puxados em grandes distâncias horizontalmente. A desvantagem, porém, do rebocador em comparação com o AGV, é o valor não agregado da atividade do operador. Pois, necessita descer do rebocador para soltar os carrinhos e posicioná-los, ou até mesmo por ser passível de erros, e não conseguir cadenciar os carrinhos da maneira que deveria ser abastecido na linha de produção.

Assim, as alterações desejadas nos fluxos logísticos, aplicados por Hrušecká, Lopes, Juříčková (2019), foram traçadas:

- Substitua todos os rebocadores operados pelo homem por AGV;
- Reduza o número de operadores logísticos por turno de trabalho de três para dois;
- Realoque uma área de armazenamento para estar próximos das linhas de montagem;
- Garanta que o sistema possa apoiar um aumento de 15% no rendimento da produção.

A revisão do estado da arte garante o entendimento dos fluxos logísticos na indústria, o vínculo entre a Manufatura enxuta e a Indústria 4.0 e suas ferramentas. Atende as lacunas sobre o AGV na Indústria 4.0 e as suas aplicações na indústria. Enaltece o tema e traz recomendações. Com base no que foi exposto no capítulo, nota-se um grande potencial de utilização de AGV na empresa pesquisada, fazendo com que parte da operação logística possa ser atualizada, nos moldes da indústria 4.0.

Desta maneira, o próximo capítulo trará a metodologia de como se aprofundar nesse assunto e propor um fluxo de etapas para a análise, implementação e validação.

3. MÉTODO

Neste capítulo será proposta a metodologia que será adotada nesta dissertação. Essa metodologia está baseada na oportunidade de acrescentar uma ferramenta de inovação – o AGV - em uma grande empresa do agronegócio.

Realiza-se o modelo para construir o processo de análise, implementação e validação do processo. Ao longo do desenvolvimento já serão apresentados os resultados obtidos com a implementação de cada tarefa e as considerações pertinentes.

A Quadro 3 demonstra a estrutura geral de como implementar um veículo autoguiado em uma empresa de agronegócio. É possível verificar cada uma das etapas consideradas, assim como suas tarefas, entradas e saídas. A primeira etapa é definir o problema a ser considerado e sua área de atuação. Delimitado o problema é possível partir para a implementação da melhoria, onde deve ser analisado todos os fatores de atuação. E logo validar os resultados da implementação de maneira quantitativa.

QUADRO 3 – Proposta de método de implementação de um veículo autoguiado em uma empresa do agronegócio

IMPLEMENTAÇÃO DE UM VEÍCULO AUTOGUIADO EM UMA EMPRESA DE AGRONEGÓCIO		
ETAPA / TAREFA		
ENTRADAS	1 - Levantamento do problema	SAÍDAS
Coleta empírica das perdas dos processos	1.1 Identificar os maiores custos da operação da empresa	Área e processo para iniciar o projeto
Ferramenta 5G	1.2 Mapear a operação <i>in loco</i>	Fermento
Mapa do fluxo de valor	1.3 Identificar o processo	Etapas do processo que se configuram como perdas
Gráfico de Espaguete	1.4 Identificar a rota	Pontos de coleta e abastecimento
Gerenciamento das operações	1.5 Identificar os sistemas utilizados	Sistema de chamada
Padronização das operações (folha de processo)	1.6 Identificar o método de treinamento dos operadores	Nível de automação do processo Erros humanos
	2. Implementação da melhoria - AGV	
Sequência de atividades	2.1 Analisar a lógica do AGV	Etapas da ferramenta para implementação
Layout	2.2 Traçar nova rota logística	Pontos fixos de coleta e abastecimento
Plano de abastecimento de cada peça Sistemas de engate do AGV	2.3 Estabelecer modais de abastecimento	Kits e carrinhos de entrega Sistema de engate
Tempo de ciclo Consumo de peça por ciclo	2.4 Determinar novo ciclo de entrega	Tempo de abastecimento
Sistemas de navegação, custo, flexibilidade e manutenção (Matriz ICE)	2.5 Criar novo trajeto	Sistema de navegação
Análise de risco	2.6 Garantir a segurança do processo	Sistema de segurança
Características técnicas	2.7 Garantir a durabilidade do equipamento	Plano de manutenção
Padronização das operações (folha de processo)	2.8 Garantir a entrega técnica	Ficha técnica Lista de treinamento
	3. Viabilidade da implementação	
Mapa do fluxo de valor	3.1 Mensurar novo processo	Novas etapas do processo que se configuram como perdas
Custo antes e depois da operação	3.2 Mensurar os custos da operação	Redução do custo do processo - Benefício
Benefício Investimento	3.3 Operacionalizar as variáveis e os fatores	Retorno financeiro Retorno de investimento

FONTE: O Autor, 2022.

Evidencia-se pela Quadro 3, cada etapa necessária ao processo. Vale ressaltar:

O levantamento do problema, inicia-se com a coleta de dados empíricos para identificar os maiores custos da operação. Assim, definir a área e o processo a serem transformados. Segue para o mapeamento da operação *in loco* utilizando a ferramenta 5G a fim de obter o fenômeno. A próxima fase considera o mapa de fluxo de valor para obter as atividades da operação que de fato geram perdas e, então, garantir uma atuação assertiva. Com a próxima ação de identificação da rota através da visualização gráfica é possível se munir dos pontos de coleta e abastecimento. Esse dado é essencial para a definição do trabalho com a tecnologia proposta. Na sequência, para alcançar os sistemas de chamada utilizados, o gerenciamento de dados é investigado. Entretanto sem a investigação do método de treinamento da empresa – padronização das operações – o resultado seria a falta informação referente ao nível de atuação humana na operação e os potenciais erros humanos. Portanto, é dedicada a essa análise a última fase da etapa inicial.

Na próxima etapa, a implementação da melhoria com o uso de AGV deve considerar todos os pontos levantados nas bibliografias.

Iniciar com a análise da lógica do AGV permite entender, em síntese, suas etapas de operação e os pontos a serem considerados. Cada fase contempla a operacionalização da ferramenta mediante suas características técnicas. Para a nova rota se considera o layout a fim de obter os pontos fixos de coleta e abastecimento. Ao analisar os modais de abastecimento, entende-se a relevância do plano de abastecimento de cada peça e os sistemas de engate do AGV para encontrar as devidas configurações de kits e carrinhos.

Já, ao analisar o ciclo de entrega, os tempos são considerados tanto de ciclo, quanto de consumo a fim de garantir o tempo de cada rota. Na sequência, a criação do novo trajeto leva em consideração o custo, a flexibilidade e manutenção para definir o sistema de navegação. A escolha é pautada na matriz de priorização para definir o sistema de navegação que melhor se adequa a solução proposta. Então, é possível avançar para a tarefa de garantir a segurança ao processo, com a análise de risco entender a atuação necessária do sistema de segurança. Na sequência garantir, também, a durabilidade do equipamento com um plano de manutenção robusto.

Por fim, com a padronização das novas atividades, realizar o treinamento da equipe e obter a lista de treinamento e a entrega técnica.

A viabilidade da implementação no que tange aos impactos financeiros sustenta todas as ações previstas no escopo do projeto uma vez que indica quantitativamente o sucesso do projeto e se concretiza como a última etapa. Como fase inicial, mensurar o novo processo garante a avaliação entre o tempo dedicado com perdas antes e depois da operação. Um mapa do fluxo de valor para a situação proposta é criado a fim de validar o aumento da eficiência. Na fase seguinte, mensurar os custos da operação para obter a redução prevista com base em sua diferença entre o estado antes e depois (benefício). E então, como última fase, partir para a operacionalização das variáveis e fatores. A fim de entender o retorno financeiro e de investimento munidos do benefício e do investimento realizado.

3.1. ESTUDO DE CASO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM VEÍCULO AUTOGUIADO EM UMA EMPRESA DE AGRONEGÓCIO

Nesta seção são abordadas todas as etapas apresentadas no trabalho, assim como as tarefas explanadas para garantir o sucesso da implementação da ferramenta de inovação – veículo autoguiado - em uma empresa do agronegócio.

Como premissa inicial a aplicação ocorre em uma empresa multinacional de máquinas agrícolas na região de Curitiba – PR - no setor de logística. Vale ressaltar que a empresa demonstra uma abertura a novas tecnologias com uma estratégia de iniciativas voltadas a indústria 4.0.

Em todas as etapas e fases serão apresentadas a aplicação no estudo de caso.

3.1.1. Etapa 1: Levantamento do problema

A etapa inicial de levantamento do problema garante a assertividade na implementação da tecnologia. Uma vez alinhadas com as devidas tarefas, ao fim da seção, deve-se ter clara a área e o processo a serem transformados. Assim como, suas características no que diz respeito ao processo logístico.

No levantamento do problema é possível verificar como é feita a coleta de perdas e seu resultado gráfico que serve como bússola para priorização. A seleção da área e processo a se tornar alvo da iniciativa de melhoria. Assim como verificado na revisão bibliográfica, na Etapa 1, identificam-se os obstáculos e dificuldades que o processo possui em sua concepção e estruturação tradicional.

Cada resultados das fases garante que os esforços serão concentrados em atividades que apresentam maiores participações nas perdas. A importância está no fato de que direcionam as alterações nos fluxos logísticos onde o impacto das ações de transformação será mais expressivo para a empresa estudada.

3.1.1.1. Tarefa 1.1: Identificar os maiores custos da operação da empresa

Iniciando pela identificação dos custos de operação, a multinacional em estudo contém uma cultura de coleta dos custos gerados e a sua classificação entre o que de fato é um custo operacional (atividades que agregam valor) e deve ser contemplado na transformação do produto e o que é perda (atividades que não agregam valor).

Como já mencionado, a identificação das perdas permite entender quais atividades devem ser otimizadas e quais suprimidas.

Dentro do setor da logística, diariamente, todo o custo gerado durante as operações é classificado de acordo com a sua macro categoria, cada uma leva em consideração as dimensões identificadas por Meyers (2000):

1. Inventário: custos que envolvem a qualidade de estoque – valor de material armazenado;
2. Movimentação: custos que envolvem o transporte interno de material – valor agregado a horas de presença dos colaboradores e horas de trabalho dos equipamentos (rebocadores e empilhadeiras);
3. Transporte: perdas vinculadas ao transporte externo de material – valor do frete.

Para a presente pesquisa, a macro categoria de interesse é a de movimentação. A macro categoria escolhida ainda se divide em subcategoria para então resultar na perda. A macro categoria de movimentação se divide nas subcategorias de mão de obra e equipamento, uma vez que se trata de horas de

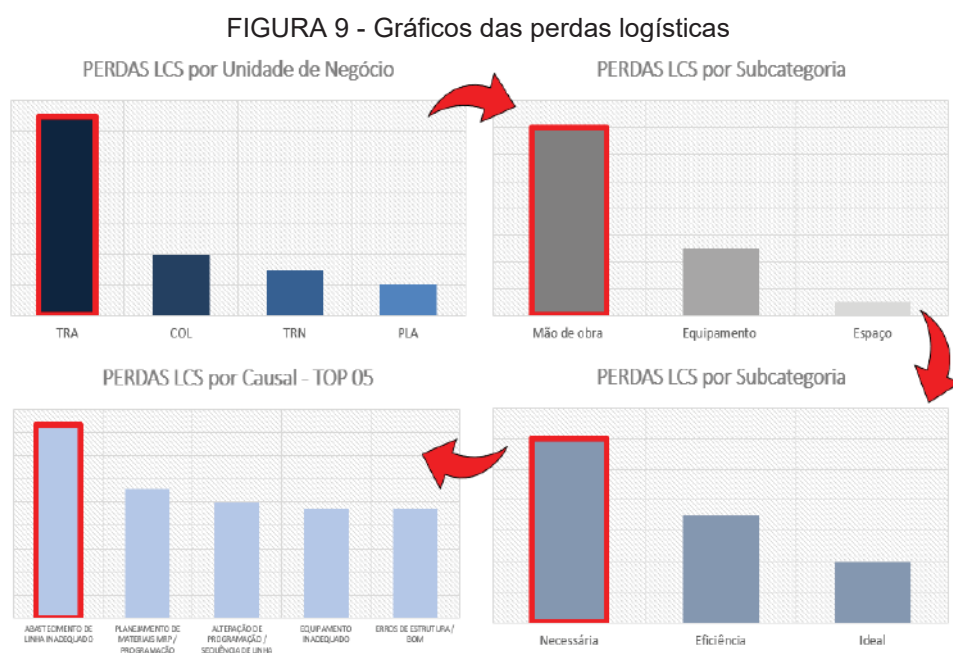
trabalho para realizar o transporte interno. Já, as linhas de perdas são baseadas nas operações que comportam cada processo. Sua atividade fim norteia a divisão entre perdas de excesso, eficiência e necessidade.

Para mão de obra, a perda de excesso é a movimentação vinculada ao excesso de horas realizadas em relação as horas planejadas de produção. Atividades como patrulhamento de peças, movimentação de material para suprir itens faltantes são consideradas ao realizar a classificação. Para eficiência, o tempo entre a atividade fim (horas planejadas) e o tempo dedicado de fato na operação. Por fim, a subcategoria de perda necessária analisa a operação em si: transbordo, movimentação de posição cheio e vazio (*Kanban*) e abastecimento de linha.

Para equipamento, exclui-se como perda necessária a movimentação de posição cheio e vazio. Tal relação entre mão de obra e equipamento é natural, pois as atividades descritas estão vinculadas diretamente a operação com uso de rebocadores e empilhadeiras.

Para garantir, por completo, uma boa diretriz das ações e obtenção de resultados expressivos, deve-se subir mais um nível entre os direcionamentos realizados e priorizar o maior causal (WOMACK, 2004).

A Figura 9 evidencia o resultado da análise com a estratificação das perdas. É importante salientar que devido à importância estratégica dos valores, eles foram ocultados nos gráficos.



FONTE: O Autor, 2022.

Como expõem a Figura 9, inicialmente, investiga-se a área de fabricação com maior perda. Entre elas: tratores (TRA), colheitadeiras (COL), transmissões (TRN) e plataformas (PLA). Selecionando a área de maior perda (tratores), o valor é segregado entre as já mencionadas subcategorias. A mão de obra se demonstra a mais significativa, em torno de 70% do total. Assim, seguindo a priorização, as atividades que mais geram impacto dentro da subcategoria de mão de obra são as vinculadas a perda necessária. Destaca-se dentro dela o abastecimento de linha inadequado como a mais expressiva causal para a seleção.

Em suma, identifica-se que a maior perda se concentra na fábrica de Tratores, com a subcategoria de mão de obra e o nível de perda do tipo necessário devido a causa raiz de abastecimento inadequado.

A análise direciona o local e a operação onde o AGV deverá ser implementado que terá o maior potencial de retorno. Com as informações estratificadas é possível iniciar uma análise mais próxima ao processo.

Ressalta-se que, por se tratar de perda, o valor verificado possui potencial para ser totalmente eliminado com processos de melhorias como o proposto na presente pesquisa.

3.1.1.2. Tarefa 1.2: Mapear a operação in loco

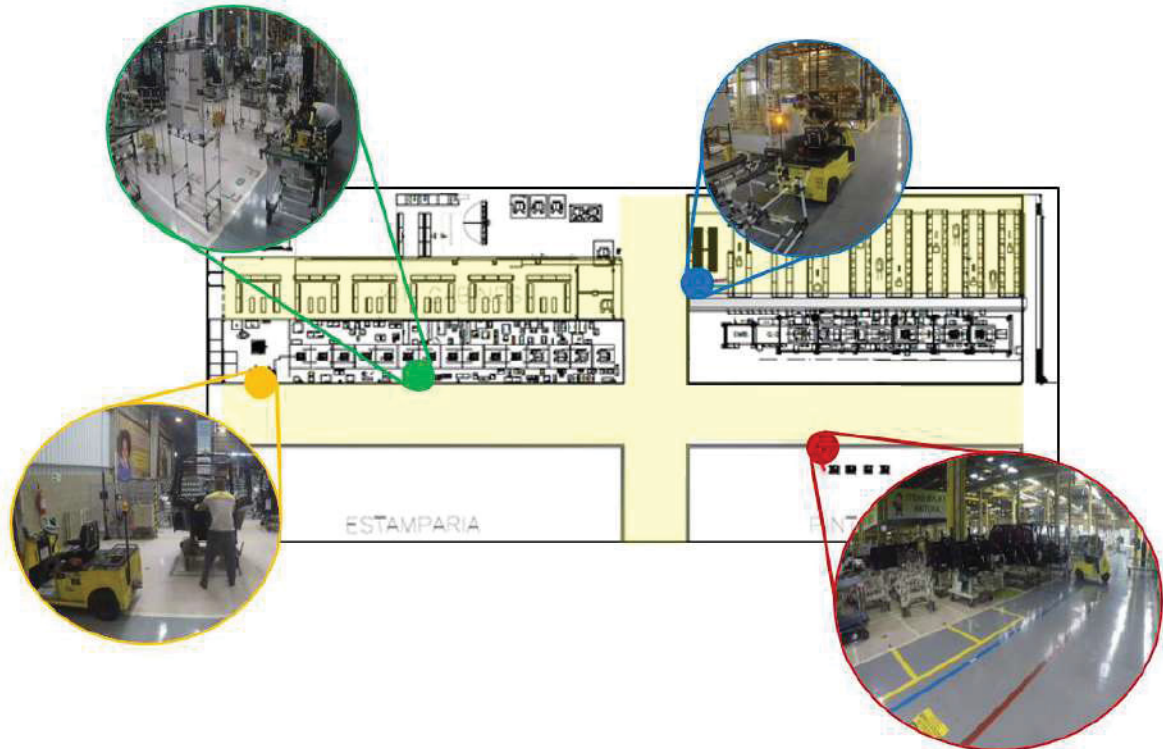
Para seguir com as demais atividades, torna-se necessário compreender as operações da área identificada com maior perda na tarefa 1.1. Identificar a maneira como o padrão de processo é executado ao longo do dia e se existem divergências - se é comum a todos os envolvidos.

Baseado no contexto acima e a fim de criar o cenário ideal para a logística 4.0, analisou-se as atividades para encontrar fenômeno. A ferramenta utilizada para iniciar os estudos foi a 5G. Foi feito o passo a passo para compreensão do fenômeno conforme indicado por Ohno (1997), seguindo a sequência proposta.

No primeiro "G" (ir até o local), a área de estudo pode ser verificada na Figura 10, nela estão destacadas as áreas logísticas em amarelo e as áreas da produção em branco. Cada balão demonstra a visão da fábrica dentro do ponto de visualização dos pontos monitorados na operação. Os destacados em amarelo e verde são os pontos

de abastecimento e, os em azul e vermelho, os de coleta. Em cada ponto observado, é possível verificar as atividades que se repetem: posicionamento, engate e desengate.

FIGURA 10 - Local de atuação da análise para proposta de melhoria





FONTE: O Autor, 2022.

Já, para a próxima consideração (examine o objeto), dentro da fábrica de tratores, foi investigado o processo de abastecimento das peças consideradas *Bulky*. Essas peças são volumosas (acima de 12kg) e seus valores estão entre 20% das peças mais caras dentro do inventário. Também, considera-se a frequência de vezes que são direcionados ao posto de montagem como parte significativa ao abastecimento de linha (causal direcionado).

As peças identificadas para sequência no estudo são: frame, vidro traseiro, teto e vidro porta direita estão exemplificados no Quadro 4.

O frame possui 315 quilogramas, o teto possui 47 quilogramas, o vidro traseiro possui 25 quilogramas e o vidro lateral possui 22 quilogramas. Dadas as suas dimensões são levados de forma unitária ao posto de trabalho a fim de evitar restrições a área durante movimentação do rebocador. Todos são abastecidos conforme programação da linha, que no período analisado, estava em 24 máquinas por dia.

QUADRO 4 – Características das peças BULKY da fábrica de tratores: peso e frequência de abastecimento

	FRAME	TETO	VIDRO TRASEIRO	VIDRO LATERAL ESQ.
Peças Bulky - Fábrica de Tratores				
Peso [kg]	315	47	25	22
Frequência de abastecimento	24	24	24	24

FONTE: O Autor, 2022.

Para a análise dos princípios de funcionamento dos processos, verifica-se o operador de rebocador com alta perda de movimentação e tempo ocioso, conforme apresentado na Figura 11. A partir dela, percebe-se que o operador do rebocador deve deixar o veículo (ação A) para, então, desengatar o rack (ação B) e, por fim, empurrar o rack até a posição demarcada (ação C). Cada etapa do processo demonstra as movimentações necessárias a fim de garantir o abastecimento da linha de uma única peça.

FIGURA 11 - Operador do rebocador com perda de produtividade

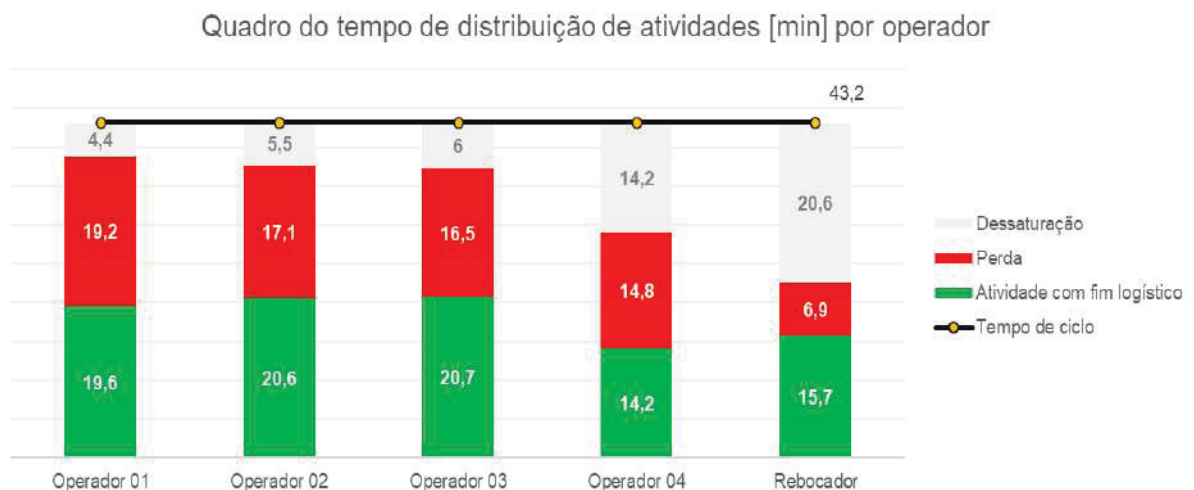


FONTE: O Autor, 2022.

Na sequência, para checar os fatos e dados, dividindo as atividades dos operadores observados e o tempo dedicado em cada, torna-se necessário a classificação em atividade com fim logístico e perdas que não agregam valor ao processo e não estão atreladas a operação logística. Para, então, segregar o tempo em processo real do que é esperado baseado no tempo de ciclo.

O Gráfico 1 expõem de forma gráfica essa análise. A equipe é composta por cinco operadores e um máquina (rebocador). Quando se analisa o tempo de ociosidade de cada operador envolvido, em média, verifica-se 10,14 minutos ociosos e 14,9 minutos com perdas. No total, é verificado um tempo de 74,5 minutos dedicados a essa atividade sem fim logístico por ciclo de operação.

GRÁFICO 1 - Gráfico de distribuição do tempo dos operadores logísticos no processo



FONTE: O Autor, 2022.

Os valores são mais impactados pela ineficiência apresentada pelo rebocador, que sozinho possui em torno de 25% do total da atividade de perda. Salienta-se que do tempo total do processo apenas dele está em, aproximadamente, $\frac{3}{4}$ de uma hora. Ainda vale ressaltar que o tempo despendido a ele compõem os custos e perdas não só da mão de obra como também do equipamento despendido ao processo.

Ao realizar o “G” final (comparação com a teoria), a teoria, conforme Ohno (2015), indica que devem ser mapeadas as perdas e eliminadas de forma eficiente, para tornar a operação mais enxuta possível e livre de desperdícios. Sendo assim, o processo deve ser melhorado.

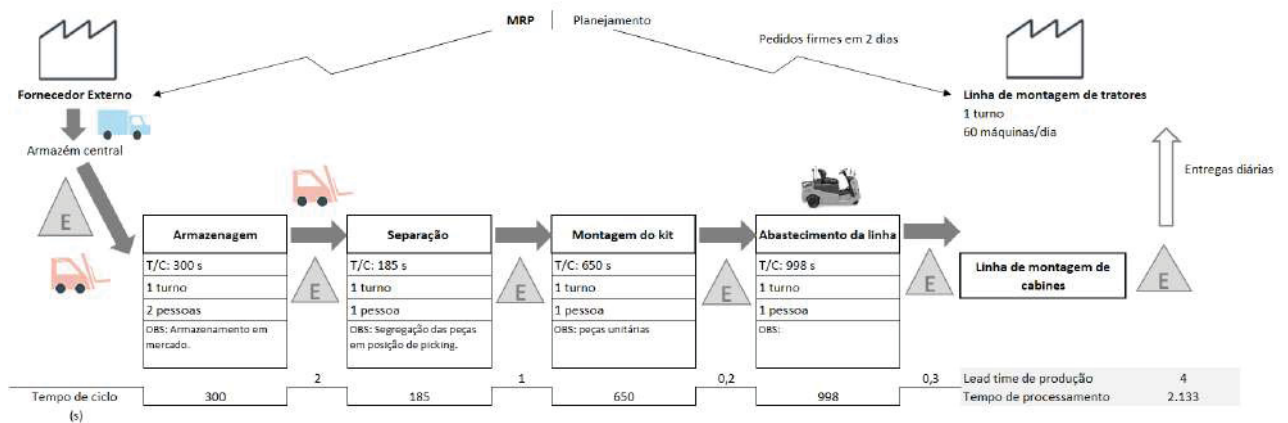
Conclui-se com a ferramenta do 5G que a operação em questão apresenta nível de perda expressivo em relação a eficiência do processo, sendo executada por cinco operadores e uma máquina (rebocador). A medição dos operadores envolvidos no processo logístico da área sugere que todo o escopo de trabalho deve ser revisitado e que o impacto do projeto afetará toda a carga de trabalho da equipe envolvida e desencadeará em subsequentes ações.

3.1.1.3. Tarefa 1.3: Identificar o processo

Para facilitar o entendimento das ações envolvidas dentro do processo de abastecimento, a partir da pesquisa *in loco*, foi possível montar um mapa de valor demonstrando as atividades exercidas pelos operadores logísticos.

Na Figura 12, apresenta-se o mapa de fluxo de valor das peças. O entendimento permite verificar os valores agregados a cada processo da cadeia logística.

FIGURA 12 - Mapa estado atual do fluxo de valor



FONTE: O Autor, 2022.

A partir da Figura 12 é possível identificar a operação logística com maior tempo dedicado (gargalo da operação): abastecimento de linha. Ao se comparar com o ritmo da linha que deve ser de 12 minutos, torna-se necessário manter o estoque na borda de linha para garantir a produção. Destacando-se a necessidade de melhorar o processo.

Na Quadro 5, destacam-se os desperdícios na etapa de abastecimento de linha, onde a atividade fim do operador não está agregando valor algum. Dentro das definições já mencionadas, é possível indicar o que é perda (quadros em vermelho) e o que é atividade logística (quadros em verde). Ela expõe a sequência de toda a cadeia de abastecimento disponível no processo relatado.

Assim, é possível ter uma visão macro de toda operação e etapa disponível no processo estudado e possibilita a definição das atividades que o AGV deve executar conforme mencionado.

QUADRO 5 - Sequência de montagem e abastecimento de kit

Verifica o progressivo	Localiza a peça	Engata carrinho cheio	Transporta	Desengata o carrinho cheio	Posiciona o carrinho	Engata carrinho vazio	Transporta	Desengata o carrinho vazio	Posiciona o carrinho vazio
									
0,05	0,15	0,32	7,3	0,23	0,38	0,32	7,3	0,23	0,38

FONTE: O Autor, 2022.

Conforme exemplificado no Quadro 5, as atividades se iniciam com a verificação do progressivo (tipo de máquina) a fim de determinar qual o kit (material a ser entregue na borda de linha) que deve ser montado pelo operador.

Após essa etapa, com o auxílio de um *tablet* que informa o endereço e a localização do item, o operador coleta as peças de forma sequenciada (informação também verificada no *tablet*). Se o item estiver na posição, o carrinho é engatado e é necessário movimentar o carrinho cheio até a posição desejada. Caso contrário, deve se dirigir para a próxima posição.

Em seguida, ocorre a fase de atividade de valor agregado: o abastecimento da peça na linha. Quando chega na linha, ocorre o desengate do carrinho para a posição de CHEIO na linha de montagem. Após a utilização das peças pelo operador da linha, o carrinho é posicionado em VAZIO, e, na volta, é coletado e engatado para ser transportado até o mercado de kits. Assim, segue para etapa de devolução do carrinho para a posição de montagem do novo kit. Ao chegar novamente no mercado, o operador deixa o carrinho de kit na posição VAZIO, e espera o processo todo se repetir.

Também, é possível verificar o tempo dedicado em cada operação. Em cada a atividade, o rebocador fica dedicado aguardando a execução. Sendo assim, os dois recursos (mão de obra e equipamento) possuem um tempo de operação de operação aproximado de 16 minutos, apenas para abastecer leva em torno de oito minutos, assim como para retornar.

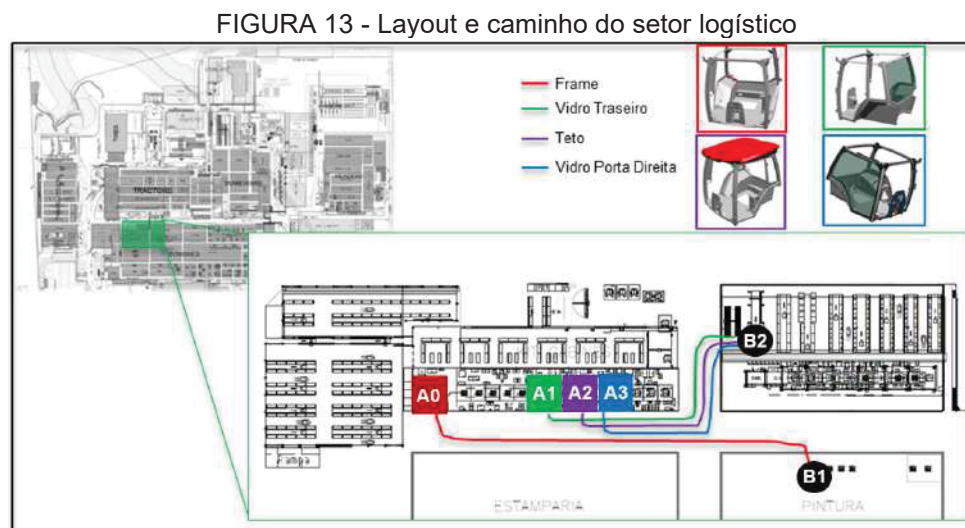
Analisando o fluxo de processos, identificam-se as únicas atividades que agregam valor: transporte e abastecimento. Das atividades 10 mapeadas do processo, oito que são executadas e que concentram o tempo de um operador e um rebocador são classificadas como perdas. Reforça que as atividades de sequenciamento, engate/desengate, posicionamento dos carrinhos demonstram que a atividade é

extremamente manual e depende do input do operador com iniciativas simples. Tal fato sustenta o que foi identificado no 5G referente ao nível de tempo ocioso do rebocador.

3.1.1.4. Tarefa 1.4: Identificar a rota

Para compreender a rota envolvida no processo, uma vez que os valores quanto ao tempo dedicado e as atividades já são conhecidos, realiza-se o Gráfico de Espaguete que permite deslumbrar de forma visual a movimentação da equipe ao longo da área, ferramenta referência na metodologia *Lean*. Sua análise permite entender o layout, os trajetos realizados, assim como, as restrições físicas da movimentação.

A Figura 13 identifica o layout da área e o deslocamento que segue a operação estudada.



FONTE: O Autor, 2022.

A Figura 13 representa a trajetória das peças identificadas, desde sua posição inicial até a final. Contempla a montagem do kit e seu abastecimento na linha de montagem. Como já delimitado no 5G, as quatro peças já foram definidas: frame, vidro traseiro, teto e vidro porta direita.

As rotas se configuram na movimentação de carrinhos completos com a peça do mercado kit para a linha e sua devolução para nova montagem: fluxo de abastecimento e de retorno.

São realizadas coletas em duas áreas distintas:

- Armazém (B2): local de armazenamento das peças: teto, vidro traseiro, vidro da porta dianteira. Cada peça possui o equivalente de três dias de produção disponíveis no local - a peça a ser consumida sempre será a com data mais antiga de armazenamento;
- Pintura (B1): processo de pintura do frame onde o material fica disponível de forma sequenciada – a peça a ser destinada a montagem é a primeira que foi liberada: produz o que será consumido.

Quatro pontos de abastecimento na borda de linha:

- Posto de abastecimento do Frame (A0): local onde será realizada a montagem. Rota de abastecimento vermelha com a distância de 350 metros do ponto B2 e tempo de rota de nove minutos;
- Posto de abastecimento do Vidro Traseiro (A1): local onde será realizada a montagem. Rota de abastecimento verde com a distância de 250 metros do ponto B1 e tempo de rota de sete minutos;
- Posto de abastecimento do Teto (A2): local onde será realizada a montagem. Rota de abastecimento roxo com a distância de 200 metros do ponto B1 e tempo de rota de seis minutos;
- Posto de abastecimento do Vidro Dianteiro (A3): local onde será realizada a montagem. Rota de abastecimento azul com a distância de 170 metros do ponto B1 e tempo de rota de seis minutos.

Com ele em mãos, é possível identificar o layout da área envolvida no processo e as restrições de espaço para as rotas. Principalmente quando se trata de equipamentos que possuem raio de giro para conversão. No caso do rebocador, quatro metros.

Também, expõem a necessidade de manter a separação homem máquina e o dever de cumprir com todos os requisitos de segurança indicados na bibliografia. Uma vez que as movimentações ocorrem entre áreas produtivas.

3.1.1.5. Tarefa 1.5: Identificar os sistemas utilizados

Para entender os sistemas integrados ao processo é preciso analisar o gerenciamento de dados e fluxo de informação persistente a operação. Entendendo o gerenciamento físico das operações nas seções anteriores, na tarefa 1.5, verifica-se o gerenciamento dos sistemas utilizados.

Vale destacar, que a aplicação de um sistema integrado permite que todo processo seja executado de forma padronizada. Com as variações que estão sujeitas as mãos de obra e versatilidade no dia a dia, a tarefa de *picking* a ser cumprida deve ser exposta no sistema. O desenho do processo deve ser estabelecido de forma clara e qualquer alteração necessária deve ser realizada da maneira mais suave possível.

Para o estudo de caso, todo processo é padronizado por telas expostas no *tablet*, conforme Figura 14, como exposto no sistema de controle da produção (MMS).

FIGURA 14 - Sistema de gerenciamento das operações



FONTE: O Autor, 2022.

Como exemplificado na Figura 14, a operação já é sequenciada e indicada em uma primeira tela em forma de lista. Fato necessário para o nivelamento da operação. E a sequência de peças de *picking* são direcionadas via individuais. Cada peça na sequência possui uma tela personalizada que indica seu código, sua descrição e a quantidade a ser enviada.

A padronização integrada em um sistema de gestão da produção permite uma interface de programação que a automatização necessitará, ela demonstra que a

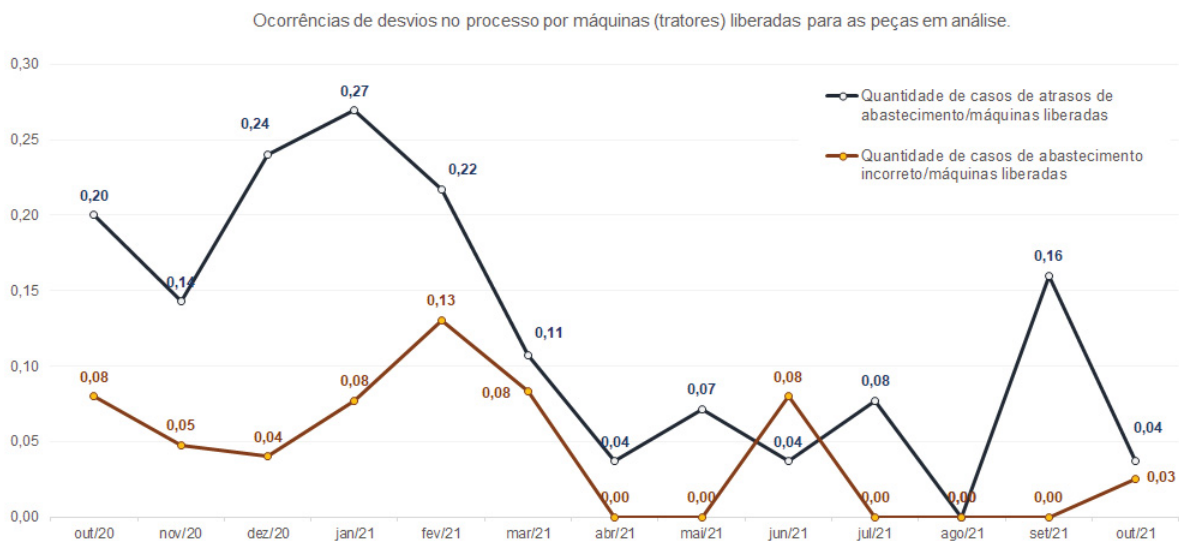
ordem de montagem e o acionamento de coleta respeitam o ritmo da linha e podem ser monitoradas conforme *input* no sistema.

3.1.1.6. Tarefa 1.6: Identificar o método de treinamento dos operadores

Conforme identificado na seção anterior, o processo possui um nível de automação de dados que direciona o operador na montagem e abastecimento de linha. Já analisado o físico, o sistêmico, na Tarefa 1.6, verifica-se a operação e os seus responsáveis: a equipe de trabalho. Busca-se avaliar por meio de indicadores do nível de entrega referente ao abastecimento dos materiais para a linha de produção.

Conforme Gráfico 2, é possível identificar a frequência de atrasos de abastecimento (coleta e entrega fora do tempo correto, a máquina passa do posto de montagem sem a peça) para as peças analisadas e os desvios no processo de entrega do kit errado para a operação (coleta e entrega da peça incorreta).

GRÁFICO 2 - Análise das ocorrências de desvio da operação de abastecimento das peças em análise no posto de trabalho




FONTE: O Autor, 2022.

A partir da análise do Gráfico 2, entre outubro de 2020 a outubro de 2021, foram verificados 40 atrasos de abastecimento e 13 abastecimentos incorretos contra 332 cabines liberadas. O padrão de ocorrências se demonstra aleatório, o que indica que se trata de eventos não controlados e sua mediação deve ser feita de forma individual, sem uma causa raiz crônica geral plausível. O que é possível aferir a partir do processo,

é que a indicação visual com o *tablet* não é suficiente. É necessário transpor a informação de forma automática.

As padronizações das atividades são feitas a partir das folhas de processo conforme demonstrado na Figura 15. Elas direcionam as atividades a serem realizadas de maneira macro e não consideram as particularidades do processo, como as alterações dos carrinhos, kits, engates e rotas. A sequência das atividades devem ser orientativas para os operadores.

FIGURA 15 - Folha de processo da operação de abastecimento da linha de montagem



FOLHA DE PROCESSO												ETAPA	DESCRIÇÃO DO EVENTO	ATENÇÃO
												10	Operador busca cabine no buffer de frames na saída da pintura	
												20	Com o rebocador, abastece o frame no primeiro posto da linha de montagem de cabines tratores	
												30	Na rota, o operador coleta o carrinho vazio do vidro traseiro e porta.	
												40	Faz o kanban dos carrinhos no mercado e anexa ao comboio o carrinho cheio de janela e da porta.	
												50	O operador abastece a janela e porta na linha de montagem, nos postos respectivos, e reinicia o fluxo.	

FONTE: O Autor, 2022.

Todos os operadores que são versáteis a operação são devidamente treinados. O responsável pelo treinamento é o responsável pela operacionalização da atividade: quem deve fornecer as condições para cada etapa do processo. Para indicar o compromisso de cada, eles assinam a folha de presença.

Pela folha de operação fica mais claro o nível manual da operação. Cada etapa de movimentação é descrita a fim de conduzir a ação do operador.

3.1.2. Etapa 2: Implementação da melhoria – AGV

A partir das análises qualitativas e quantitativas tratadas na seção anterior, torna-se possível mapear o processo e identificar as oportunidades de melhoria.

O projeto visa a implementação de uma tecnologia da Indústria 4.0 com posterior análise de sua viabilidade tecnológica e financeira para a área.

Com o levantamento dos possíveis problemas encontrados na pesquisa, dentro da empresa apresentada no item anterior, o propósito é analisar os efeitos e propor a melhoria com a implementação da rota do AGV de acordo com as restrições de layout da área, os mecanismos e processos que sofrerão transformação.

Assim, levanta-se como possibilidade para melhoria do padrão a otimização das rotas e a implementação de um modal de abastecimento que não tenha tantas paradas de processo e perdas produtivas. Também, que garantam um nível de automação ao processo.

Adquirido uma visão mais profunda e conhecendo a situação atual sobre o chão de fábrica, através da pesquisa realizada *in loco*, é necessário estabelecer os principais objetivos. Isso poderá propor mudanças e fornecer indicativos claros sobre o estado futuro desejado. Nesse caso, segundo o que comentam Hrušecká, Lopes, Juříčková (2019), possíveis soluções devem ser desenvolvidas e testadas.

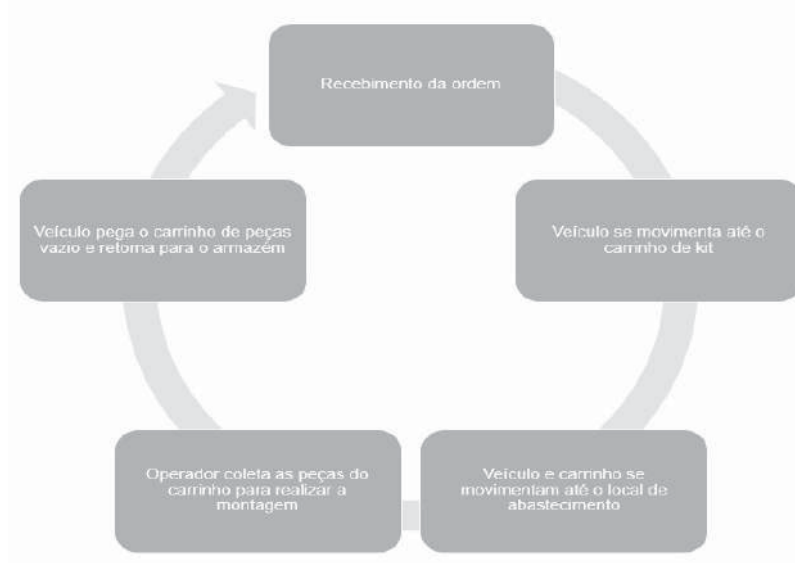
3.1.2.1. Tarefa 2.1: Analisar a lógica do AGV

Seguindo o que afirma Ballé (2013), deve-se ter um padrão estabelecido para a operação. Para o processo em questão, o padrão é o abastecimento por meio do rebocador após a montagem de kit, conforme já validado na etapa anterior.

Analisar a lógica do AGV permite entender os pontos que devem ser considerados para garantir sua implementação, como adaptar toda a operação vislumbrada na etapa 1, com sua parte física, sistêmica e humana.

A Figura 16 mostra o processo esperado do AGV, desde a ordem recebida até o seu retorno. Conforme exposto, a sua ação é desencadeada com a ordem recebida, exemplificada no primeiro quadro. Em seguida, realiza a movimentação do veículo até o *target* para coletar o que deve ser abastecido, para, então, ser transportado com o intuito de levar o carrinho de kit vazio.

FIGURA 16 - Sequência das soluções propostas



FONTE: Adaptado de Ngo e Tran, 2018.

O operador monta o kit, e após isso, o AGV volta para a posição para levar os kits cheios para a linha de montagem, todo o ciclo se repete conforme programação da sequência de trabalho que o robô colaborativo deve executar.

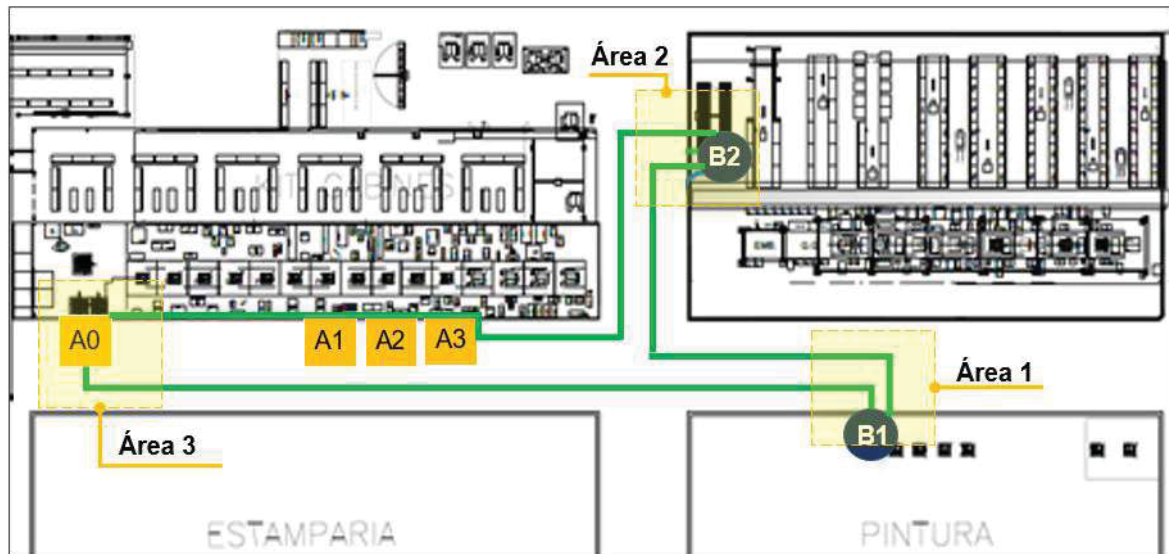
Assim, fica claro que para adaptar o AGV a operação algumas premissas devem ser consideradas. Todas as tarefas norteiam a linha de trabalho que permita que o ciclo do AGV opere da forma mais regular possível.

3.1.2.2. Tarefa 2.2: Traçar nova rota logística

A partir da coleta e tratamento de dados, definiu o processo e abastecimento das peças a serem substituídas por AGV. A tarefa é traçar a nova rota de transporte interno das peças considerando suas particularidades.

A partir da Figura 17, é possível verificar a rota que o AGV deve realizar, tendo em vista os pontos fixos de coleta e entrega.

FIGURA 17 – Rota AGV



FONTE: O Autor, 2022.

Conforme exposto na Figura 17, a rota se inicia no sentido de coleta dos itens. Na sequência, realiza o retorno com os kits vazios para nova montagem. A área conta com um corredor principal que possui acesso a borda de linha para realizar a parada nos postos indicados como A0, A1, A2 e A3 e outros dois com acesso ao ponto de coleta dos kits cheios e sua entrega quando vazios: mercado dos vidros traseiro e da lateral direita, porta e teto (B2) e do buffer da pintura do frame (B1).

As áreas de retorno e inversão da direção do AGV estão delimitadas e indicadas como Área 1, Área 2, Área 3. Nelas, deve-se garantir o distanciamento do raio de giro do AGV considerando a quantidade máxima de kits que serão engatados e sua dimensão.

Com a implementação do AGV, torna-se possível o engate de mais três kits. Assim, a rota que era dedicada realiza o processo de abastecimento de quatro postos na sequência. Delimita-se um fluxo de abastecimento linear entre cada ponto de coleta e entrega. Um novo ritmo é criado com o fluxo delimitado em: coleta cheio em B1, depois B2 e abastecimento em A3, A2 e A1 para seguir até o A0 e prosseguir com o ciclo de entrega.

3.1.2.3. Tarefa 2.3: Estabelecer modais de abastecimento

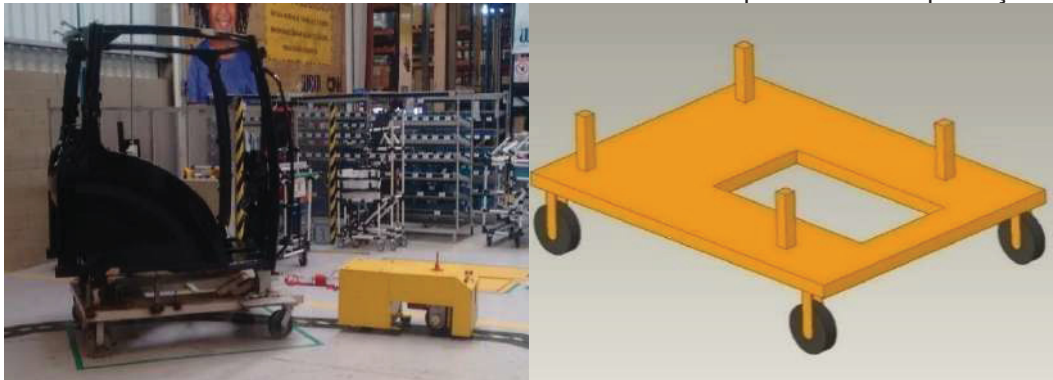
A definição dos modais de abastecimento conferiu às atividades uma análise no que compete o que já foi analisado na Tarefa 2.2, o espaço e a distribuição das peças nos pontos fixos.

Para cada item foi analisado individualmente a embalagem e o kit que era esperado na entrega. Também, considera-se a quantidade de peças por kit, volume de cada e as restrições do posto de montagem (espaço).

A motivação da tarefa é atender os requisitos da organização do posto de trabalho da linha e a distribuição no armazém e na pintura. Sempre garantindo a disponibilidade da peça no momento correto.

Para o frame, o modal de abastecimento permaneceu em carrinho unitário, seu volume e sua posição de entrega na linha o direcionaram para um abastecimento conforme Figura 18. O carrinho personalizado para a peça, permite a acomodação sequenciada do frame, em que já é direcionado para a linha na posição de montagem. Tal lógica facilita todo o ciclo da operação para a produção, em que o operador da linha só deve acomodar o frame na nova posição e seguir com as montagens.

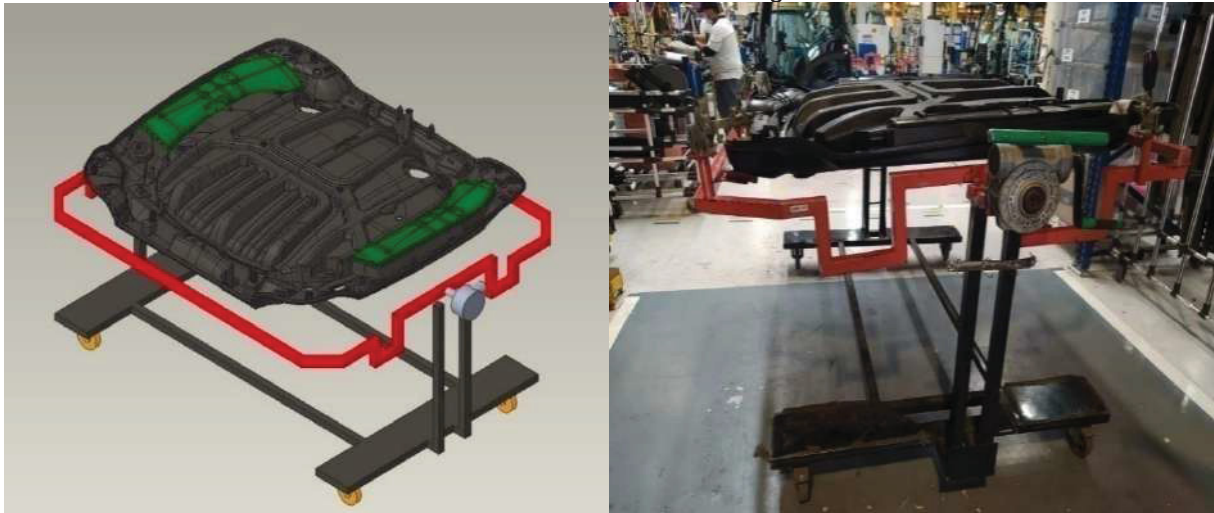
FIGURA 18 - Modal de abastecimento do frame com o AGV para a linha de produção



FONTE: O Autor, 2022.

A Figura 19 traz a embalagem prevista para o teto. Assim como o frame, foi identificada a necessidade de um carrinho unitário. O mecanismo permite ainda que o teto realize a movimentação em 360° para realizar as devidas montagens na linha.

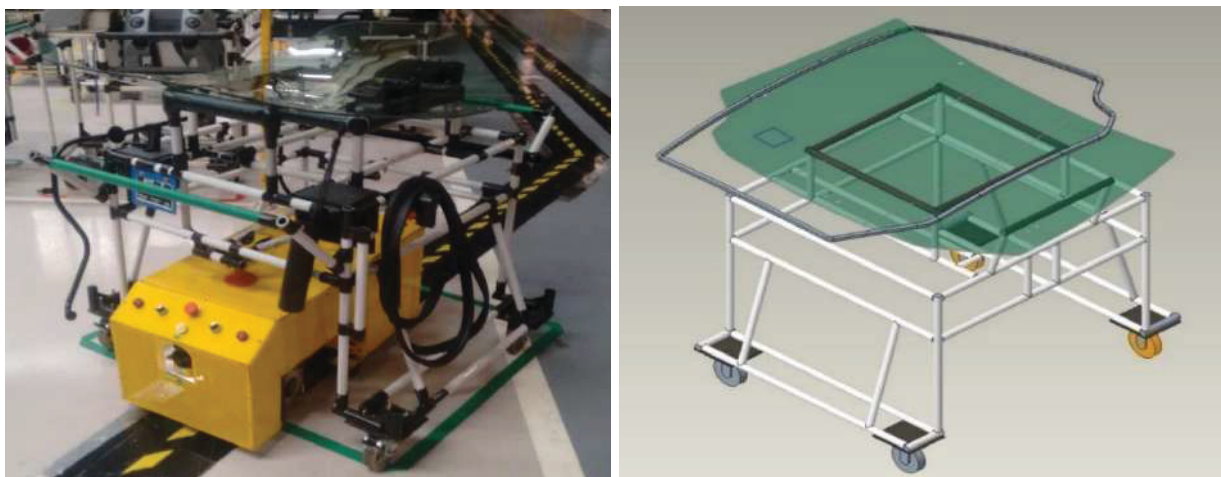
FIGURA 19 - Carrinho kit para montagem do teto



FONTE: O Autor, 2022.

Na Figura 20, para o vidro traseiro é definido um kit com todas as peças que serão pré-montadas posicionadas juntamente no carrinho. Tal configuração facilita o processo de linha. Quanto mais próximo as peças são alocadas, menor o tempo de montagem. Em que a peça é acomodada em um kit de material tubos de metal e entregue ao posto de montagem da linha de produção.

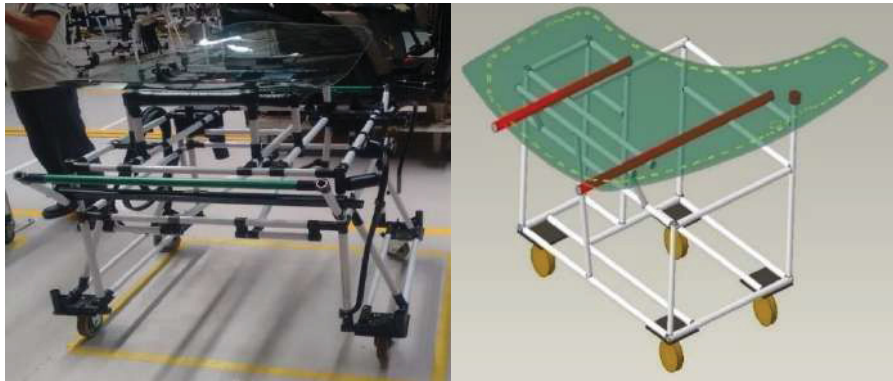
FIGURA 20 - Carrinho kit para montagem do vidro traseiro



FONTE: O Autor, 2022.

Na Figura 21, também se verifica o padrão de kit para o vidro lateral esquerdo. Onde a escolha de kit se demonstra mais vantajosa pela facilidade da pré-montagem na linha.

FIGURA 21 - Carrinho kit para montagem do vidro lateral esquerdo



FONTE: O Autor, 2022.

Para cada modal, foi avaliado a quantidade necessária de carrinhos e kits no fluxo baseado no tempo de ciclo e tempo de entrega do AGV. Também, para cada embalagem se considera os acabamentos para que não danifiquem as peças e as acomodem devidamente. Evita-se pontos cortantes, material em contato direto com partes metálicas.

Outro ponto que deve ser considerado é o mecanismo de engate e desengate, uma vez que uma das premissas para a implementação de um robô colaborativo é que a intervenção humana é mínima. Assim, para garantir uma transformação completa da atividade, o processo de abastecimento deve conter todas as etapas automatizadas.

O mecanismo do engate foi adaptado para o AGV. Com a programação já delimitada em sua própria lógica, o processo de acionamento é automático. Conforme expostos nas Figuras 22 e 23, foram desenvolvidos dois mecanismos.

O primeiro, exposto na Figura 22, funciona com um sistema de indução que ativa o gancho que acopla e desacopla no pino fixo ao carrinho unitário. Tal mecanismo é utilizado apenas para o carrinho do frame, pois o sistema de engate deve ser mais robusto para manter a estabilidade do conjunto. Além de seu posicionamento na área de espera para coleta favorecer o uso de um cambão.

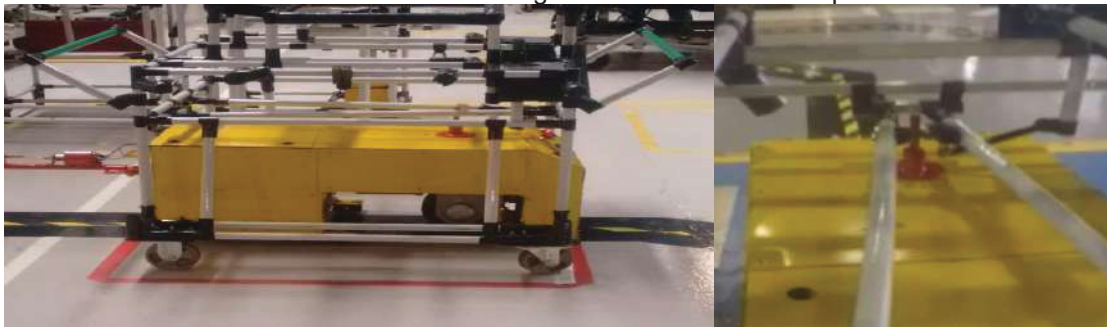
FIGURA 22 - Mecanismo de engate automático do AGV para carrinho unitário



FONTE : O Autor, 2022.

Já o segundo, Figura 23, funciona com um sistema de pino que aciona conforme posicionamento e demarcação na rota. Quando chega na parada de abastecimento ou coleta realiza a movimentação vertical do pino e permite que o carrinho engate ou desengate na posição (também, conforme lógica da programação). Para o caso, o próprio carrinho de kit deve conter a posição de acomodação do pino e conferir o travamento para seguir com o deslocamento.

FIGURA 23 - Mecanismo de engate automático do AGV para carrinho kit



FONTE: O Autor, 2022.

Ambas as configurações escolhidas cumprem o papel de automatizar o processo de acoplamento e desacoplamento dos carrinhos. a configuração e o modelo escolhido são definidos de acordo com o tipo de modal de abastecimento configurado.

3.1.2.4. Tarefa 2.4: Determinar novo ciclo de entrega

A definição dos ciclos de coleta a partir do recebimento da ordem teve como fatores a velocidade do AGV, a distância entre rotas e o tempo de ciclo do processo. O cálculo se resume a identificar a quantidade de kits que devem ser abastecidos por minuto e a capacidade de entrega do veículo conforme exposto na Quadro 6.

QUADRO 6 - Entrega do AGV

NECESSIDADE DE ABASTECIMENTO	TEMPO DE CICLO [min]	CONSUMO DAS PEÇAS/CICLO	ABASTECIMENTO/min
	12 min	1 peça a cada ciclo	1 abastecimto a cada 12 min
CAPACIDADE DE ENTREGA DO AGV	Velocidade do AGV [m/min]	DISTÂNCIA ROTA [m]	ABASTECIMENTO/min
	50 m/min	270 m	5,4 min

FONTE: O Autor, 2022.

A validação dos tempos permite entender se o AGV será capaz de realizar as entregas dentro do tempo necessário (*tackt* da linha). Deve-se levar em consideração as rotas e os múltiplos que cada ciclo possui, como todos os abastecimentos são feitos de forma unitária (em forma de carrinho ou de kit), seu abastecimento deve acompanhar o ritmo da linha.

Assim, a cada 12 minutos, as peças devem ser abastecidas no ponto de consumo. De acordo com a média das distâncias entre os pontos, conforme já exposto no layout, de 270 metros e a velocidade do AGV de 50 metros por minutos. Ele realiza o abastecimento a cada 5,4 minutos. Assim, possui um tempo livre de 6,6 minutos.

Com as informações dos tempos de ciclo de abastecimento e do AGV, é possível configurar ritmo a operação.

3.1.2.5. Tarefa 2.5: Criar um trajeto

De acordo com o referencial teórico do presente projeto existe a possibilidade de aplicar quatro tipos de tecnologias de navegação: sistema filoguiado, sistema de faixas, triangulação a *LASER*, marcadores.

Avaliando a aplicabilidade de cada trajetória, dividiu-se em três categorias de análise: custo, flexibilidade e manutenção conforme exposto no Quadro 7. Como validação do método com maior potencial, utiliza-se em cada critério um peso de um à cinco a fim de demonstrar a melhor solução. O que retornar com maior pontuação é o mecanismo mais vantajoso para a operação conforme os critérios selecionados.

QUADRO 7 - Matriz de escolha do sistema de navegação

SISTEMA DE NAVEGAÇÃO	CUSTO	FLEXIBILIDADE	MANUTENÇÃO	TOTAL
SISTEMA FILOGUIADO	5	1	2	8
SISTEMA DE FAIXAS	5	3	4	12
LASER	1	4	5	10
MARCADORES	1	5	5	11

FONTE: O Autor, 2022.

O sistema de AGV de orientação filoguiado apresenta uma baixa flexibilização e conseqüente dificuldade para realização da manutenção no que compete aos demais sistemas.

Já para ambos os sistemas de trajetória dinâmica o elevado custo de mercado não se demonstraram competitivos com os demais, como uma primeira iniciativa do uso da ferramenta na área e sua validação no setor impactou em sua seleção.

O sistema de faixas garantiu uma maior eficiência e retorno em relação ao espaço disponível, assim com uma maior capacidade de seguir a rota determinada e uma flexibilização aceitável, acrescidos de um valor de mercado viável para o projeto. Também é verificado um baixo custo de manutenção das fitas, uma boa adaptabilidade da rota e flexibilidade para mudanças e configurações diversas. Reforçando que tal fato não isenta a necessidade de um plano de manutenção anual, uma vez que o sistema e as fitas estão sujeitos as intervenções do meio.

3.1.2.6. Tarefa 2.6: Garantir a segurança do processo

Vale reforçar que o sistema de AGV deve realizar os movimentos de carga e descarga dos materiais de forma automática e com configurações de segurança para quaisquer intervenções do meio ao longo do trajeto.

Seguindo para o sistema de segurança, o equipamento deve seguir todas as normas estabelecidas com sinalizações sonoras e visuais em sua estrutura que garantam o aviso de sua presença no local, assim como um controle manual que permita a intervenção humana imediata.

Conforme Figura 24, os sensores de parada automática foram definidos para serem acionados com uma distância de três metros dos obstáculos, uma vez que sua ficha técnica indica o alcance do campo de proteção. Já seu alcance de aviso permite a indicação em oito metros. O tempo de resposta deve ser na iminência da identificação e chega a 8 milissegundos, tempo adequado para operação uma vez que tem a direto interação com obstáculos, pessoas e máquinas em seu trajeto.

FIGURA 24 - Especificação do sensor de segurança do AGV

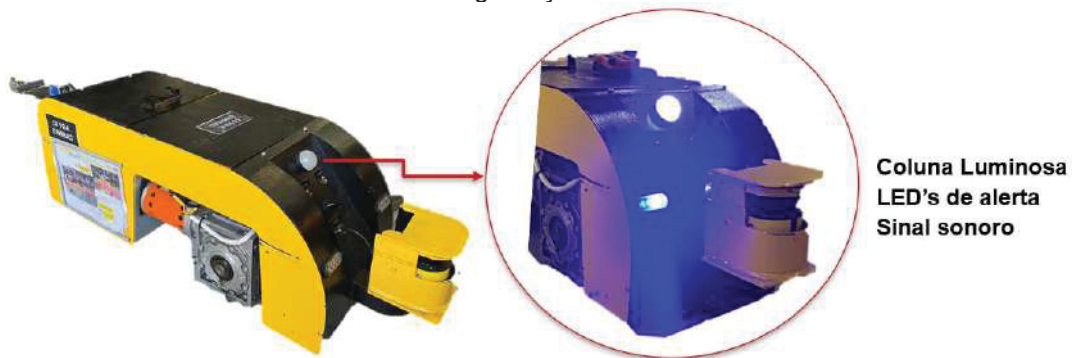


FONTE: O Autor, 2022.

Já a Figura 25 expõem a sinalização luminosa e a saída sonora que o sensor aciona. Com uma coluna luminosa o LED, o sistema indica o sinal de parada devido a obstáculo. Todo e qualquer indicação visual se torna necessário para suportar o diagnóstico de parada.

Há também a opção de manter a luz acesa durante operação do AGV, tal configuração garante ainda mais segurança ao processo. Soma-se o ponto de atenção com o fator visual (luzes acesas) e sonoro.

FIGURA 25 - Sensor de segurança do AGV alerta luminoso e sonoro



FONTE: O Autor, 2022.

3.1.2.7. Tarefa 2.7: Garantir a durabilidade do equipamento

Ao se tratar de um equipamento corrente da área, torna-se necessário a implementação de um checklist de manutenção autônoma diária. Ele compete em perguntas básicas sobre as condições atuais do AGV e pontos de verificação cruciais a operação e sua segurança ao longo do dia:

1. AGV está com a bateria carregada;
2. Rota do AGV apresenta irregularidades;
3. Foi possível colocar AGV na rota;
4. AGV está funcionando na rota;
5. Produção linha D-1;
6. Entregas realizadas pelo AGV D-1.

A garantia de que a bateria está carregada e a rota pronta para o uso, permite um maior compromisso e validação das informações pela área. As condições básicas de uso devem ser garantidas para o início da jornada de trabalho. Já a fim de prosseguir com a melhoria contínua e eficiência do projeto, avalia-se, também, o nível de entrega para a linha. Do quanto foi produzido, quanto foi abastecido pelo AGV. Em caso de não conformidade ou da meta de entrega não atingida, um maior estudo e intervenção deve ocorrer por parte do time de desenvolvimento.

O plano de manutenção preventiva profissional também foi criado a fim de garantir a durabilidade do equipamento e da rota implementada conforme Quadro 8.

ATIVIDADE	SEMANAL	MENSAL	SEMESTRAL	ANUAL
TESTE SENSOR DE SEGURANÇA	◆			
TESTE TORÇÃO RODAS	◆			
LUBRIFICAÇÃO DOS MECANISMOS	◆			
REVISÃO PARTES MECÂNICAS		◆		
TESTE BATERIA		◆		
TESTE VISOR		◆		
REVISÃO ROTA			◆	
REVISÃO MAPA ELÉTRICO				◆
REVISÃO CARÇAÇA				◆

FONTE: O Autor, 2022.

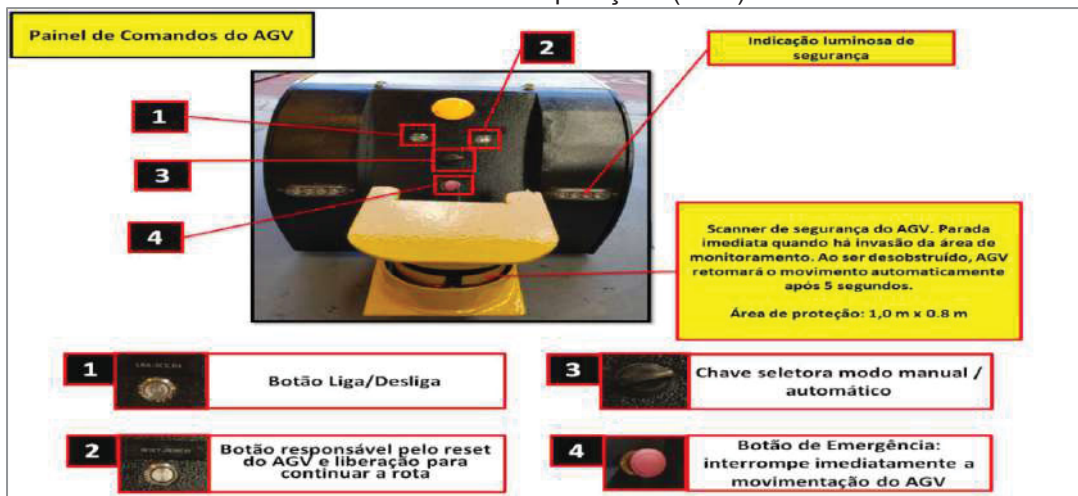
Pontos cruciais para o desempenho do AGV devem ser considerados e configurados de forma semanal, mensal, semestral e anual. Divide-se os mecanismos em mecânicos e elétricos, o que permite uma melhor descrição e prevenção das atividades que devem ser consideradas.

3.1.2.8. Tarefa 2.8: Garantir o envolvimento da equipe

Como ação final da viabilização do projeto na área, realiza-se a padronização da operação e treina os operadores envolvidos a fim de garantir a entrega do projeto de forma completa. O treinamento se mostra essencial uma vez que a área se tornará a responsável por manter o veículo em funcionamento, tanto incumbido de algumas responsabilidades como o carregamento do AGV, quanto pela garantia de sua integridade com a realização da manutenção preventiva e indicação da reativa para o setor responsável pela manutenção profissional das máquinas.

A empresa utiliza de uma metodologia própria para a realização do treinamento, a implementação de uma folha de operação padrão (SOP) seguida de sua apresentação para os envolvidos e coleta de assinatura. A Figura 26 demonstra a folha criada para o AGV em questão. Nela é possível identificar as imagens que compõem o processo junto à descrição das atividades a serem executadas. A premissa básica na execução da SOP é que ela deve ser 80% visual, a escolha do uso de fotos e cores é justamente para seguir tal orientação.

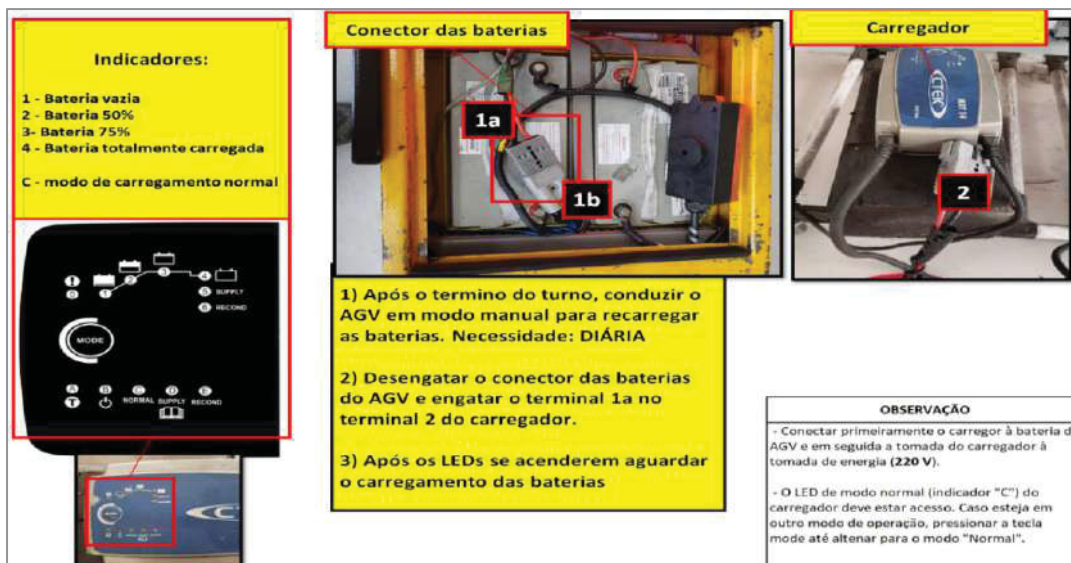
FIGURA 26 - Folha de operações (SOP) do AGV



FONTE: O Autor, 2022

Como o equipamento vem ao ambiente fabril como uma transformação das operações e novidade para toda a equipe, criou-se um manual para o usuário a fim de garantir uma interação amigável entre homem e máquina. Ele contém os pontos cruciais para a utilização e garante um entendimento pleno de todos os mecanismos do AGV para caso de dúvidas ou problemas e é exemplificado na Figura 27.

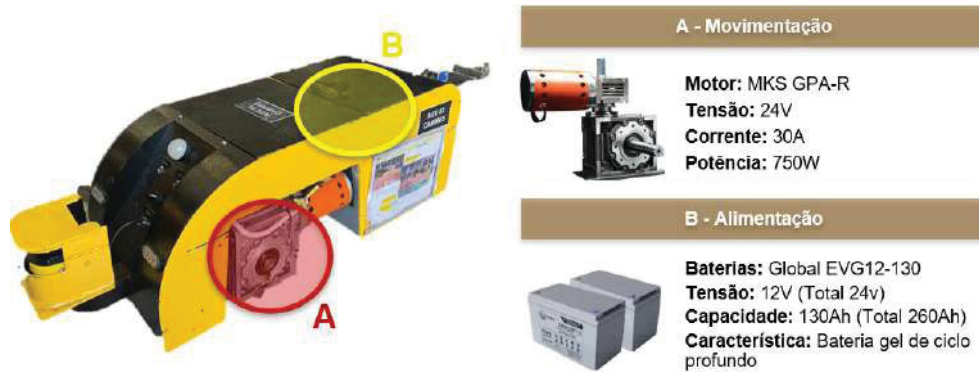
FIGURA 27 - Manual de operação do AGV



FONTE: O Autor, 2022.

Para garantir a entrega técnica do novo equipamento, é necessário deixar clara as funcionalidades e a sua ficha técnica. Na Figura 28, destaca-se as principais características em relação a movimentação e alimentação.

FIGURA 28 - Características técnicas do modelo do AGV selecionado – movimentação e alimentação



FONTE: O Autor, 2022.

Para a movimentação o motor selecionado é o MKS GPA-R que possui uma tensão de 24 Volts, uma corrente de 30 Amperes para suportar a tensão e a potência de 750 Watts. A escolha das características do motor foi pautada na capacidade de carga necessária: 1.000 quilogramas. As baterias a gel de ciclo profundo selecionadas permitem uma autonomia de carga superior em comparação a baterias comuns disponíveis no mercado. As demais características (tensão de 12 Volts e capacidade de 130 Ampères por hora) são comuns.

Para as características técnicas voltadas a navegação e a programação, a Figura 29 demonstra a escolha da fita metálica como direção para a aquisição dos sensores indutivos laterais e central. Ambos da Balluff, o alcance de cada indica o nível de leitura sobre a fita. O campo de indução formado para o primeiro é de 40 milímetros e para o segundo é de 30 milímetros. A frequência indica a velocidade de leitura do sensor: quanto maior, mais rápida a resposta. Para o lateral é de 50 Hertz e para o central é de 300 Hertz. Enquanto o primeiro realiza a leitura de comandos com as etiquetas, o segundo garante a permanência do AGV na rota e deve possuir um tempo de resposta menor.

FIGURA 29 - Características técnicas do modelo do AGV selecionado – navegação e programação



FONTE: O Autor, 2022.

A Figura 29, também, demonstra as características do CLP de programação. O módulo de expansão da Siemens (Siemens S7-1200) garante uma interface amigável homem-máquina para inserir o código, alterar rotas e visualizar a lógica escolhida para os acionamentos (velocidade, curva, parada). Além de já ser a linguagem utilizada para outras iniciativas na empresa, o que garante confiabilidade e know-how para intervenções necessárias.

As características técnicas apresentadas foram definidas conforme as configurações disponíveis no mercado. As em destaque na seção são as que impactam diretamente o funcionamento da ferramenta. Também são as que garantem robustez a operação, uma vez que os temas abordados: movimentação, alimentação, navegação e programação, são premissas básicas para a execução do AGV.

3.1.3. Viabilidade da implementação

Como resultado é possível destacar a obtenção de uma relação de ganho com o custo do projeto.

Com a informação da capacidade do AGV versus necessidade da linha é possível sincronizar sua rota a fim de atender a demanda geradas a partir das ordens de produção, vale ressaltar que qualquer mudança dos parâmetros gera a necessidade de um novo cálculo ou até mesmo alteração dos fatores considerado.

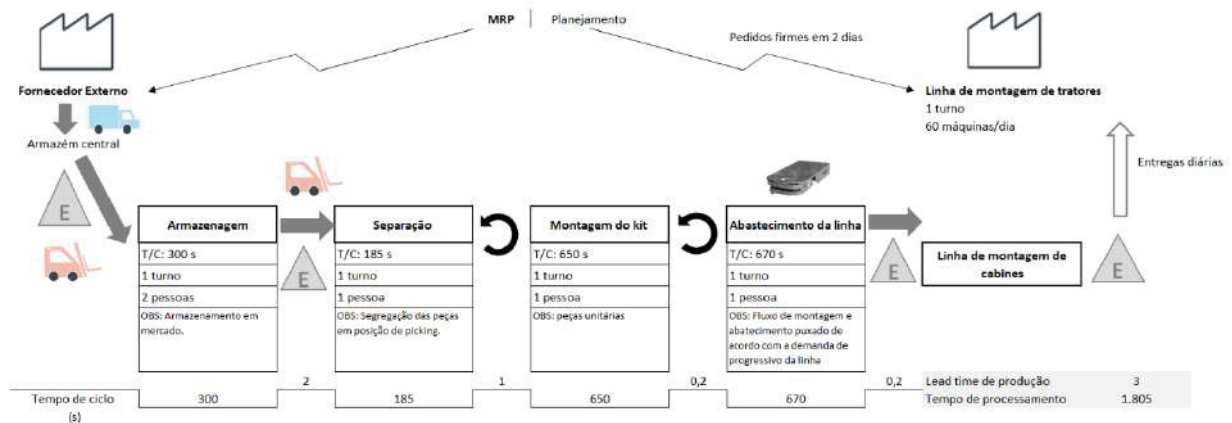
Na seção são destinados cálculos a fim de obter o retorno financeiro que o projeto proporcionaria.

3.1.3.1. Tarefa 3.1: Mensurar novo processo

Para seguir com o completo entendimento do benefício que a implementação da tecnologia proporcionaria para as atividades produtivas, é interessante mapear o novo processo.

A Figura 30 demonstra a evolução do mapa de fluxo de valor para o processo. Já com a modificação do modal de abastecimento para AGV. A partir de sua análise, é claro a adequação ao tempo de ciclo da operação da linha de cabines para o abastecimento (inferior a 12 minutos), assim como o sequenciamento integrado a uma chamada de matérias via sistema que permite um fluxo puxado.

FIGURA 30- Mapa estado atual do fluxo de valor



FONTE: O Autor, 2022.

Conforme Figura Quadro 9, revisitando o mapa de fluxo de valor, é encontrado uma substituição das atividades de perda que eram realizadas por um homem e uma máquina, agora atribuídas ao AGV.

QUADRO 9 - Fluxo de valor do estado futuro com a implementação do agv

Posiciona o AGV na rota	Transporta cheio	Transporta vazio	Carrega a bateria do AGV
0,12	5,4	5,4	0,25

FONTE: O Autor, 2022.

Agora as atividades em vermelho que são as perdas se tornam automática a rota de passagem e duas novas atividades de perda são identificadas: colocar o AGV para carregar e posicionar na rota para iniciar a operação. Com o emprego do AGV a intervenção humana ainda existe para os *set-ups* de troca de turno (atividades: colocar para carregar e posicionar na rota). Atividades quem compõem 0,37 minutos e não pertencem ao tempo de ciclo, uma vez que são realizadas uma vez por dia.

A automatização no fluxo de informação e no processo garante a maior agilidade ao processo e a redução de 5,8 minutos por ciclo.

3.1.3.2. Tarefa 3.2: Mensurar os custos da operação

Ao se comparar os custos nos dois estados se deve avaliar o que se desprendia de mão de obra e material para a execução da atividade no estado atual e no proposto. O que antes desviava uma mão de obra e um rebocador com tempo dedicado no ano (R\$ 234.033,60), agora possui apenas o custo de uma mão de obra para realizar atividades simples durante sua escala de trabalho. No início e fim do expediente: posicionar no local de carregamento, desligar e ligar.

O tempo dedicado a operação é considerado como custo atual de mão de obra ao processo no ano. Para encontrar os valores no que se refere a mão de obra, utiliza-se o tempo dedicado no ano e o multiplica pelo valor da mão de obra (taxa interna calculada a partir dos custos da operação de maneira geral). Já para o equipamento, considera o valor do custo mensal de locação (valor anual de R\$ 49.200,0).

Assim, o benefício pode ser calculado conforme Quadro 10.

QUADRO 10 – Análise do custo anual do estado atual e futuro

	Estado	Mão de obra	Equipamento	Total
Custo anual	Atual	R\$ 924.168,00	R\$ 49.200,00	R\$ 973.368,00
	Futuro	R\$ 759.138,00	R\$ -	R\$ 759.138,00
DIFERENÇA (BENEFÍCIO ANUAL)				R\$ 214.230,00

FONTE: O Autor, 2022.

De tal maneira, o benefício alcança a margem de R\$ 214.230,00 de redução para a operação.

3.1.3.3. Tarefa 3.2: Operacionalizar as variáveis e os fatores

O critério para análise dos resultados do projeto leva em consideração fatores que indicam a viabilidade ou não de sua implementação – Retorno Financeiro (RF) e o Retorno sobre Investimento (ROI) - e o tempo de utilização do AGV para realização do processo logístico – Capacidade Produtiva do Sistema (CPS).

Para o cálculo do ROI leva-se em consideração o custo de investimento da tecnologia: a compra da máquina AGV, os materiais necessários para utilização da tecnologia e a mão de obra de instalação e a receita gerada pelo projeto. De tal forma, foi possível avaliar a efetividade do investimento a partir da Equação (1).

(1)

$$ROI = \frac{\textit{Benefício} - \textit{Investimento}}{\textit{Investimento}}$$

Já, o *payback* considera-se o benefício em um mês e o custo para avaliar o tempo de recuperação do investimento no ano exemplificada na Equação (2).

(2)

$$RF = \frac{\textit{Investimento}}{\textit{Benefício em 1 mês}}$$

Por fim, a CPS é calculada a partir da capacidade produtiva efetiva (CPE) e das horas disponíveis nos turnos conforme Equação (3). Para assim, poder mensurar a capacidade do transporte do AGV em um dia.

(3)

$$CPS = \frac{\textit{CPE}}{\textit{Horas Totais de Processo}}$$

Para a obtenção do ROI, conforme Equação (1) já apresentada, quanto para o RF – Equação (2) -, as quais podemos utilizar para o obter os resultados dos investimentos realizados e o *payback*, devemos indicar a o benefício e o investimento.

Para o valor de investimento, deve-se considerar o valor de depreciação no ano. Para o caso do AGV, é política do setor financeiro de controladoria da empresa

considerar dez anos para a desvalorização do ativo adquirido. Assim, o investimento toma valor de R\$ 26.083

Com os dois valores, é possível calcular o ROI.

$$ROI = \frac{214.230 - 26.083}{26.083}$$

$$ROI = 7,2$$

Assim, o retorno financeiro foi de 7,2 vezes em relação ao aplicado inicialmente, para obtê-lo em porcentagem (multiplicando por 100), equivale a 720%.

Para o cálculo do *Payback*, o valor é verificado aplicando a Equação 2.

$$Payback = \frac{26.083}{\frac{224.400}{12}}$$

$$Payback = 1,39$$

O valor do *payback* indica em quanto tempo o investimento retornará para empresa ao equivalente 40 dias.

Seguindo, para mensurar a quantidade máxima de realizações do processo do AGV é utilizado o CPS. Como se trata de uma máquina, para considerar as perdas previstas (manutenção, paradas de linha e ineficiência do operante) e munir de um dado mais rico e fiel a coleta de perdas, considera-se a capacidade produtiva efetiva (CPE). Para sua obtenção, indica-se uma eficiência de 98% da máquina e uma disponibilidade no turno de 528 minutos

$$CPE = 0,98 * 528$$

$$CPE = 517,44$$

A capacidade produtiva efetiva do sistema será de 517,44 minutos diariamente.

Para compreender as horas totais de processo, é necessário obter a velocidade média do AGV que, disponibilizada pelo fabricante, é de 50m/min. Assim como, a

distância que as rotas programadas conferem para o equipamento durante execução do processo: 270 metros.

Com todas as informações descritas, torna-se possível encontrar o valor do CPS.

$$CPS = \frac{517,44}{\frac{270}{50}}$$

$$CPS = 95,8$$

Assim, encerra-se o Capítulo 3. O emprego da ferramenta permite evidenciar as etapas e garante um desenvolvimento lógico para o presente trabalho. Cada ação realizada desprende uma consequência para o ambiente fabril, desde sua análise ao estudo da viabilidade de implementação.

Munidos do desenvolvimento do método, seguindo cada tarefa e suas fases, é possível implementar o AGV no processo.

4. DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES GERAIS

Por meio do modelo de base selecionado de Revisões Bibliográficas Sistemáticas (RBS) foi possível identificar a referência bibliográfica que melhor atendia ao escopo da pesquisa, a aplicação dos filtros conforme os critérios indicados permitiram maior assertividade na sua escolha. Nota-se que pelo volume de artigos encontrados, a aplicação das ferramentas na cadeia logística se mostra como uma forte tendência para estudo e expansão nos processos. A grande dificuldade foi mapear as particularidades do veículo que se tornariam intrínsecas para o seu sucesso, como também alinhar as expectativas ao longo de sua execução.

Aliado a todo esse contexto, tornou-se imprescindível a implementação de uma metodologia que garantiria o sucesso da ferramenta da Indústria 4.0 no estudo de caso. A padronização das etapas e tarefas conferiu um direcionamento para cada atividade a ser realizada e qual momento.

Na evolução do estudo proposto, a etapa do levantamento do problema do desperdício de uma mão de obra e um rebocador com atividades que não agregavam valor se baseou na coleta de dados já utilizada pela multinacional estudada. As premissas de segregação das atividades e suas categorias permitiu a identificação da área e processo a serem estudados.

O grande produto da coleta e classificação das perdas são os gráficos de priorização. O refino de suas informações permite um maior direcionamento das ações de melhoria para garantir resultados. A definição do local onde as ações devem ser tomadas para garantir um maior retorno de eficiência e, conseqüentemente, financeiro. Portanto, onde se devem concentrar as ações. Com a Figura 10 foram identificados que 60% das perdas se concentravam em uma área, 70% das perdas se concentravam em uma categoria, 55% das perdas em uma subcategoria e 30% em uma causal.

Atrelado ao valor coletado, a observação no chão de fábrica (a partir da ferramenta descrita de 5G) demonstrou-se essencial para compreender de maneira clara cada etapa do processo que deveria sofrer transformação. Onde uma mão de obra e um equipamento são direcionados ao envio de peças unitárias para a linha. Em que conforme a Figura 13, é verificado um tempo de 74,5 minutos dedicados a atividade sem fim logístico por ciclo de operação.

Tendo em vista o atual fluxo do processo, pode-se observar a má utilização da mão de obra do operador considerando que há tecnologias disponíveis para realizar tais operações. O tempo gasto nessa atividade pode ser balanceado e utilizado em novos processos com uma maior integração as ferramentas já em aplicação na empresa destacada.

Conforme o embasamento destacado no capítulo 2, percebe-se que o AGV pode ser um grande diferencial para evitar atividades que não agregam valor, com a redução das atividades apresentadas na Figura 14 e na Figura 36, em que antes possuíam dez operações com uma mão de obra e um equipamento, depois da implementação apenas quatro. Sendo essas, duas com a utilização apenas de uma mão de obra e duas apenas do equipamento. Fica claro, também, o benefício essencial em flexibilidade e eficiência.

Outros pontos foram analisados para compreender se de fato o processo permitiria a modificação. As etapas que geram ações e conferem cadência a toda logística da planta analisada. Com o estudo do layout e da rota é possível identificar as restrições: espaço para definição dos pontos fixos e raio de giro ao longo do trajeto.

Por meio da análise dos sistemas, foi possível identificar pontos do processo que já possuíam automatização dos dados e que foram cruciais para integração dos dados e auxiliaram como *trigger* para o AGV. Nota-se que a padronização confere confiabilidade ao processo, uma vez que garante que todas as ações tenham baixos níveis de desvios pela equipe, e, mesmo com as medidas internas de processo e treinamento, falhas ainda são recorrentes ao processo.

O escopo de trabalho diário bem delimitado com ferramentas visuais e claras assegurou a equipe uma grande integração e sinergia com o AGV. A etapa de implementação do AGV garante que a ferramenta seja implementada de maneira mais suave possível. Na prática, cada ciclo do AGV deve ser considerado. Toda a sua lógica de utilização garante que cada etapa seja considerada e o processo adequado.

A análise do processo do AGV, permitiu uma comparação entre as atividades e a identificação de como o ciclo de trabalho do equipamento funcionaria. Ela desencadeou ações focadas, a exemplo, a rota e o tipo de engate para o modal de abastecimento. Ficaram clara as premissas básicas e acionamentos para o seu funcionamento, com o fato de que o veículo deveria identificar a ordem de coleta, a rota e o carrinho cheio e vazio.

A implementação da melhoria demonstrou as particularidades do AGV e como ele impacta todo o fluxo logístico. A organização das atividades com as principais linhas de análise se demonstrou bem-sucedida para a metodologia executada. Ao se realizar a análise do layout da área verificou-se os pontos-chaves dentro da trajetória do AGV, a sua rotação depende de todos os carrinhos acoplados e do seu próprio comprimento. Ela também se relaciona com a etapa de definição dos modais de abastecimento e ciclos de coleta. A alteração de parâmetro de qualquer um dos itens indicados, gera alteração nos demais.

A escolha do sistema de navegação que deveria ser implementado partiu da visão de valor da empresa, para garantir uma boa execução do projeto, uma implementação suave para a área – um projeto com um maior potencial de sucesso -, as premissas consideradas garantiram um equipamento equilibrado, com um valor competitivo do mercado, uma baixa manutenção e expressiva flexibilidade para alterações na rota: seja para reparar a rota ou melhorá-la com a expansão de mais pontos de abastecimento ao longo da borda da linha. Para a última atividade descrita foi necessário um maior estudo quanto aos possíveis sistemas de navegação e uma nova consulta ao valor de mercado.

A formalização da implementação do projeto na área e sua entrega técnica garantiu um maior comprometimento na linha, cria-se o senso de responsabilidade para os membros da equipe. A implementação do checklist diário garante um compromisso com o equipamento e a validação dos pontos de segurança (sensores, bateria) para assegurar que o veículo realizará as atividades conforme o esperado.

Ao seguir para a etapa de validação da melhoria proposta, junto com a cadência de entrega que a o AGV proporciona, analisa-se o retorno financeiro para a empresa uma vez que ela era uma das premissas para a execução do projeto. O resultado se demonstrou satisfatório. A fim de visualizar o ganho de maneira quantitativa calcula-se os indicadores encontrados na literatura como métrica de entrega e saturação do AGV.

O custo com mão de obra na operação teve uma redução equivalente a 18% do custo total anual, enquanto o valor dispensado com equipamento 100%. Uma atividade que deslocava o recurso da empresa e era tida em seus 80% como perda é substituída por uma aplicação que precisa da intervenção humana em uma hora entre trocas de turnos.

O fluxo teve uma de suas etapas alteradas, principalmente se levar em conta o método utilizado para a realização do fluxo. A retirada do rebocador da operação, abre-se oportunidade para um balanceamento de operações e tempo dentre os operadores restantes. O benefício é evidenciado, conforme citado anteriormente, na economia de uma mão-de-obra e no equipamento utilizado.

O custo desta proposta de pesquisa é referente ao preço do AGV e sua manutenção anual. A instalação, identificações de rotas e programação serão realizadas por uma empresa contratada.

Portanto, o custo total do investimento do projeto será de R\$ 260.386. O valor de compra do AGV representa aproximadamente 35% do valor gasto atualmente com mão de-obra e aluguel das empilhadeiras. O custo fixo que o modelo proposto traz (inexistente atualmente) é baixo perante o montante gasto atualmente (2%).

Tal implementação demonstra que a aplicação da ferramenta no ambiente fabril possui grande potencial, se não eliminar, ao menos reduzir drasticamente o custo de atividades que não agreguem valor ao produto.

A implementação do AGV se revelou essencial para eliminar a interferência humana direta na operação, uma vez que era mitigado 100% das perdas relacionadas a operação de abastecimento do kit na linha de produção.

Como apresentado no desenvolvimento do Capítulo 3, resultado do CPS indica que o AGV é capaz de realizar 95 movimentações em um único turno. Ao se comparar com a capacidade atual de 35 kits por dia, a eficiência do AGV se mostra clara ao processo e, ainda, indica que é possível realizar outros estudos para melhorar o nível de serviço com a integração de demais rotas.

Foi possível entender de forma qualitativa e quantitativa o impacto do AGV para a atividade estudada ao se mensurar as coletas e abastecimentos realizados pelo veículo e o retorno financeiro a empresa, seja pela taxa de RF aplicada ou pela eliminação das perdas consideradas no processo e se mostrou útil.

De forma geral, o projeto de uso de AGV na indústria 4.0 a partir de um estudo de caso aplicado à uma empresa do agronegócio mostrou que para garantir uma boa execução e implementação é necessário um estudo inicial focado e ações calendarizadas de forma lógica, o processo metodológico utilizado proporcionou as bases necessárias para transformar a área de forma cultural e sua expansão é clara para um avanço da Indústria 4.0.

5. CONCLUSÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo implementar um AGV em um ambiente de fabricação de maquinário agrícola pesado a partir da criação de um método.

Foi realizado um estudo para obtenção de alguns dados que pudessem auxiliar no que podia ser atacado e melhorado. Todo o capítulo 3 foi dedicado a realizar um modelo de: análise, implementação e validação. O fluxograma de processo para a realização se mostrou a estrutura lógica para garantir o sucesso da implementação do AGV a partir do estudo de caso.

Quanto aos objetivos propostos todos foram atingidos e estão de acordo:

- a) Baseado na metodologia do Lean Manufacturing já aplicada na empresa analisada, foram priorizadas as principais fontes de perda do processo como toda uma motivação inicial. A partir da análise da informação, foram obtidos resultados em relação a operação que evidenciavam a perda em excesso durante o processo de abastecimento. Isso foi demonstrado através de pesquisas *in loco* e usando ferramentas como análise de tempos e métodos, diagrama de espaguete e coleta de perdas preenchidas pelo próprio operador. Foram observados os desperdícios e perdas, relacionadas à eficiência de sua mão de obra, seja para engate de carrinhos no rebocador, suas movimentações e até mesmo perda de eficiência do equipamento, como paradas para abastecimento de bateria, entre outros.
- b) Aplica-se a metodologia proposta a fim de certificar que cada etapa é possível e plausível de execução. Na Etapa 2 do Capítulo 3, verifica-se a implementação com a escolha do AGV que melhor se adapta as condições do processo. Um mapeamento completo da operação, desde o início do fluxo de abastecimento, até o abastecimento final, na linha de montagem dos tratores, após a montagem dos kits de peça. Etapa fundamental para atingir o objetivo de prover maneiras de eliminar desperdícios industriais com robôs colaborativos
- c) A proposta de um método para guiar a aplicação se mostra satisfatório, uma vez que percorre a etapa de análise, sustenta a implementação no

chão de fábrica e valida seus resultados financeiros. Há o suporte e o direcionamento em cada fase do projeto.

- d) Metodologia se mostrou eficaz na execução do estudo de caso em uma montadora de máquinas agrícolas. Cada etapa, tarefa, entrada e saída que compõem o método foram representadas a partir de exemplos utilizados na empresa estudada.
- e) A fim de analisar a efetividade, através de comparações do antes e depois, da implantação do AGV em indústria do agronegócio, realiza-se o mapa do fluxo de valor antes e depois. Ele verifica a redução de cada atividade que não agregam valor ao produto e a nova condição de operação. Restringe ao processo apenas duas atividades que devem ser realizadas uma vez por dia e que são consideradas perdas. Destaca-se o projeto pelo seu ganho financeiro, e certifica-se que o seu impacto é positivo com a implementação da tecnologia no ambiente fabril. Estima-se que em menos de 40 dias já se tem o *payback* de todo o investimento. Soma-se a tal fator, o fato de que o AGV traz à empresa para novo posicionamento tecnológico tangente a indústria 4.0.

5.1. Propostas para trabalhos futuros

É claro o campo que ainda há para se explorar quando analisado o que foi exposto no presente trabalho, com a aplicação do método proposto é possível identificar algumas propostas para trabalhos futuros:

1. Explorar o uso de novas tecnologias de navegação e analisar na prática as diferenças em cada uma das escolhas do trajeto atrelado a possibilidade de implementar um curso tanto para a realização do deslocamento transversal quanto vertical do equipamento;
2. Considerando que o fluxo analisado é o de integração da logística interna da fábrica com abastecimento interno entre mercado e linha, os estudos e análises devem ser ampliados para logística externa a área produtiva. Considerar a implementação de um veículo guiado de forma autônoma entre construções: que leve o material do recebimento à borda de linha por exemplo;

3. Visto que na literatura é vasta quando se considera a implementação de um AGV, pouco se encontra ao procurar artigos que indiquem a fabricação de um veículo autônomo. Como proposta de trabalhos futuros, seria a execução da fabricação de AGVs para já considerar todas as particularidades inerentes ao processo de cada empresa. Seja para realização de um AGV com engates específicos ou com dimensional específico para atender os carrinhos kits já em circulação na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, C. L, RUBIO F., VALERO, F. **Fuzzy-set qualitative comparative analysis applied to the design of a network flow of automated guided vehicles for improving business productivity.** Journal of Business Research, v.101, p.737-742, 2009.
- ANDERS, G. **Toyota Makes a U-Turn on Autonomous Cars: The world's largest automaker is finally getting serious about self-driving tech nologies.** MIT Technology Review, 2016.
- ATLLE, J. **Selecting safer building products in practice.** Journal of Cleaner Production, v. 19, p.459 e 463, 2011.
- BENZIDIA, S., AGERON, B., BENTAHAR, O., & HUSSON, J. **Investigating automation and AGV in healthcare logistics: a case study based approach.** International Journal of Logistics Research and Applications, v.22(3), p.273-293, 2019.
- BICHENO, J. **The Lean Toolbox for Service Systems.** England, 2008.
- BIOCHINI, J.C.A., ET AL. **Scientific research ontology to support systematic review in software engineering.** Advanced Engineering Informatics, v.21, n.2, p.133-151, 2007.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimentos.** Tradução pela Equipe do Centro de Estudos em Logística e Adalberto Ferreira das Neves. São Paulo, Atlas, 2001.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimentos.** Tradução pela Equipe do Centro de Estudos em Logística e Adalberto Ferreira das Neves. São Paulo, Atlas, 2010.
- CHEN, J., LIU, X., LIU, Y., CHEN, L., & LU, W. **The Method of AGV Detection and Cargo Status Recognition Based on Globe Vision.** In L. Q. & W. L. (Eds.), 12th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics, CISP-BMEI 2. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc, 2019.
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. **Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.** 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Porto Alegre, p.1-12, 2011.
- COSTA, CEL. FERNANDO FEBELIANO. **Organização Industrial.** Centro Paula Souza. São Paulo, 2000.
- DA SILVA, R. J. M. **Localização de agvs industriais baseada em marcadores.** Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal, 2011.

DE KOSTER, R., LE-DUC, T., ROODBERGEN, K.J. **Design and control of warehouse order picking: A literature review.** European journal of operational research, v.182(2), p.481-501, 2007.

DETZNER, P., POSE, T., FUMAGALLI, L., & MATTEUCCI, M. **Towards a Plug and Play Architecture for a Materialflow Handling System.** IEEE Conference on Open System, ICOS 2019, p.28-33, 2019.

DEUS, A. D. **Uma abordagem para implementação de qualidade assegurada no fornecimento, baseada em análise de capacidade: um estudo de caso em uma empresa do setor automotivo.** Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 09, n. 4, p.822-847, 2009.

DRAGANJAC, I., PETROVIC, T., MIKLIC, D., KOVACIC, Z., & ORSULIC, J. **Highly-scalable traffic management of autonomous industrial transportation systems.** Robotics and Computer-Integrated Manufac, 2020.

EZZY, A. S., KHAN, F. Z., AKRAM, M., AGHA, J., & SAEED, A. **Automated Logistic Systems: Needs and Implementation.** 3C Tecnologia. Si, p.27-44, 2020.

FARIA, A.C. **Gestão de Custos Logísticos.** 1.ed. São Paulo, Atlas, 2012.

FEDORKO, G., HONUS, S., & SALAI, R. **Comparison of the traditional and autonomous AGV systems.** In S. O. (Ed.), 18th International Scientific Conference, LOGI 2017. EDP Sciences, v.143, 2017.

FURSTENAU, L. B., KIPPER, L. M. **Produção Enxuta e Indústria 4.0 com foco na demanda do cliente: desafios e oportunidades para o desenvolvimento de pesquisas aplicadas.** XXXVIII ENEGEP. Maceió, Alagoas, 2018.

GONZALES, R. V. D. **Análise exploratória da prática da melhoria contínua em empresas fornecedoras do setor automobilístico e de bens de capital certificadas pela norma ISSO 9001:2000.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, p.213, 2006.

HA QUANG THINH NGO. ANH SON TRAN. **Using Fuzzy Logic Scheme for Automated Guided Vehicle to Track Following Path Under Various Load.** International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD). Ho Chi Minh City, Vietnam, 2019.

HRUŠECKÁ, D., LOPES, R. B., & JUŘIČKOVÁ, E. **Challenges in the introduction of AGVs in production lines: Case Studies In The Automotive Industry.** Serbian Journal of Management, v.14(1), p.233-247, 2019.

KARABEGOVIĆ, I., KARABEGOVIĆ, E., MAHMIĆ, M., & HUSAK, E. The application of service robots for logistics in manufacturing processes. Advances in Production Engineering and Management, v.10(4), p.185-194, 2015.

LEE, C. K. M.; KEUNG K. L.; NG, K. K. H.; LAI, D. C. P. **Simulation-based Multiple Automated Guided Vehicles Considering Charging and Collision-free Requirements in Automatic Warehouse**. Department of Industrial and Systems Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China, 2018.

LEVY, Y.; ELLIS, T.J. **A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research**. Informing Science Journal, v.9, p.181-212, 2006.

LI, J., GU, W., & WU, H. **The literature review of research on modeling of automated guided vehicle's picking route**. In Z. Q. (Ed.), 6th International Conference on Electronics and Information Engineering, ICEIE 2015. SPIE, v.9794, 2015.

LIKER, J. K.; MORGAN, J. M. **The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development**. Academy of Management Perspectives, 2006.

LIMA, D. S. **Localização absoluta de robôs móveis em ambientes industriais**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.

LLOPIS-ALBERT, C., RUBIO, F., & VALERO, F. **Fuzzy-set qualitative comparative analysis applied to the design of a network flow of automated guided vehicles for improving business productivity**. Journal of Business Research, v.101, p.737–742, 2019.

LOUZADA, FERNANDO MAZZILLI. **Tempo e trabalho**. Estudos de Psicologia, v.9 (2), p.389-390, 2004.

MEYES, F. E., STEPHENS, M. L. **Manufacturing Facilities Design and Material Handling**. 2ª. Ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc, 2000.

NOVAES, A. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Elsevier Brasil, 2016.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. Japão, 1997.

OHNO, T. **Gestão dos Postos de Trabalho**. Editora: Bookman; Ed.1, 2015.

QI, B. Y., YANG, Q. L., & ZHOU, Y. Y. **Application of AGV in intelligent logistics system**. 5th Asia International Symposium on Mechatronics, AISM, 2015.

SANTOS JUNIOR, W. P., MACIEL, H. H., CATAPAN, M. F. **Aplicação da Realidade Aumentada em Processos de Separação de Peças em Armazéns Logísticos: Uma Revisão Bibliográfica do Tema**. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v.5, n.12, p.32255-32268, 2019.

- SANTOS, E. A. S. **Logística baseada em AGVs**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de engenharia da universidade do Porto. Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Portugal, 2013.
- SILVA, G. M. P.; HORNBERG, S.; TUBINO, D. F.; ROMING, M.; ANDRADE, G. J. P. O. **Manufatura Enxuta, Gemba Kaizen e TRF: Uma Aplicação Prática no Setor Têxtil**. Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Rio de Janeiro, ABEPRO, 2008.
- SOUZA, J.; ROYER, R. **Implantação de um sistema AGV – Veículo guiado automaticamente um estudo de caso**. Salvador, Bahia, Brasil, XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2013.
- VATAVU, A., COSTEA, A. D., & NEDEVSKI, S. **Modeling and tracking of dynamic obstacles for logistic plants using omnidirectional stereo vision**. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS, p.3552-3558, 2015.
- WOMACK, P. J.; JONES, T. D.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production**. EUA, 2004.
- YAO, F., KELLER, A., AHMAD, M., AHMAD, B., HARRISON, R., & COLOMBO, A. W. **Optimizing the Scheduling of Autonomous Guided Vehicle in a Manufacturing Process**. 16th IEEE International Conference on Industrial Informatics, INDIN, p.264-269, 2018.
- ZHOU, H., QIN, S., XIONG, Z., & WANG, R. **Research on intelligent logistics AGV control system based on PLC**. In C. Z., M. J., C. Z., & S. Y. (Eds.), 11th International Symposium on Multispectral Image Processing and Pattern Recognition: Remote Sensing Image Processing, Geographic Information Systems, and Other Applications, MIPPR, v.11432, 2020.
- ZUIN, S., SGARBOSSA, F., CALZAVARA, M., & PERSONA, A. **State of the art on design and management of material handling systems**. 23rd Summer School “Francesco Turco”. Industrial Systems Engineering p.348-354, 2018.