

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ITAILB LAMARÃO VILAS BOAS**

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE AGV**

**MANAUS**

**2021**

**ITAILB LAMARÃO VILAS BOAS**

**CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE AGV**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para à obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

**ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO EVANGELISTA NETO**

**MANAUS**

**2020**

## FICHA CATALOGRÁFICA

B662c Boas, Itailb Lamarão Vilas  
Construção de um protótipo de AGV / Itailb Lamarão  
Vilas Boas. Manaus : [s.n], 2021.  
51 f.: color.; 29 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica -  
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2021.  
Inclui bibliografia  
Orientador: Prof. Dr. João Evangelista Neto

1. AGV. 2. Industria 4.0. 3. Veículo Autoguiado. I.  
Prof. Dr. João Evangelista Neto (Orient.). II. Universidade  
do Estado do Amazonas. III. Construção de um protótipo de  
AGV

ITAILB LAMARÃO VILAS BOAS

## CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE AGV

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para à obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

Manaus, 22 de dezembro de 2021

Banca examinadora

JOAO EVANGELISTA Assinado de forma digital por  
EVANGELISTA  
NETO:11636416187 Dados: 2022.01.02 08:40:27 -

---

Orientador: Prof. Dr. João Evangelista Neto  
UEA – Universidade do Estado do Amazonas



---

Avaliador: Prof. Dr. Edry Antonio Garcia Cisneros  
UEA – Universidade do Estado do Amazonas



---

Avaliador: Prof. Dr. Israel Gondres Torné  
UEA – Universidade do Estado do Amazonas

*Dedico este trabalho de conclusão de curso a Deus, merecedor de toda a glória. À minha família e amigos que me apoiaram nessa jornada*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, designer do Universo e Senhor de todo conhecimento.

À minha mãe, que sempre lutou muito para que não somente eu, mas que toda a família pudesse ter um futuro melhor.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Evangelista Neto, que me orientou para que todo esse trabalho pudesse ser concretizado.

À Universidade do Estado do Amazonas por ter sido meu local de estudos responsável por este curso de graduação.

À todos os meus amigos da empresa, em especial Lauro, no qual o vasto conhecimento me ajudou muito na concretização desse trabalho

*“Se enxerguei mais longe é porque me apoiei em ombros de gigantes”.*

*Issac Newton*

## RESUMO

Com a ascensão da Indústria 4.0, a tecnologia vem tomando conta dos processos de produção, automatizando processos e melhorando a qualidade dos produtos. Dentre as muitas tecnologias que estão sendo adotadas dentro das empresas destacam-se os veículos autoguiados (AGV – *Automated Guided Vehicle*). Esses tipos de veículos vêm sendo muito utilizados no transporte de peças e materiais, aumentando a eficiência e a segurança dos processos de produção. Desta forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo de AGV, focando principalmente nos cálculos de potência do motor e construção do chassi para que o AGV melhor se adapte à atividade que será submetido. Além disso, será selecionado um AGV comercialmente vendido que atenda aos requisitos das atividades à que será submetido e será feita uma comparação. O objetivo final é mostrar que o protótipo também atenderá a todas as necessidades, porém com um menor custo de aquisição uma vez que será desenvolvido pelo próprio usuário.

**Palavras-chave:** AGV, Indústria 4.0, Veículo Autoguiado.

## **ABSTRACT**

With the rise of 4.0 Industry, the technology has taken over production processes, automating processes and product quality. Among many technologies being adopted within the companies, Automated Guides Vehicle – AGV stand out. These types of vehicles have been widely used in the transport of parts and materials, increasing the efficiency and safety of production processes. Therefore, the objective of this work is to develop an AGV prototype, focusing mainly on engine power calculations and chassis construction so that the AGV better adapts to the activity that will be submitted. In addition, a commercially sold AGV that meets the requirements of the activities to which it will be submitted will be selected and a comparison will be made. The final purpose, is to show that the developed prototype will also meet all the requirements, but with a lower acquisition cost since it will be developed by the user

**Keywords:** AGV, Industry 4.0, Automated Guided Vehicle.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Sistema de guiamento a laser.....	20
Figura 2 - Representação Guiamento Óptico .....	21
Figura 3-Sistema por geolocalização.....	22
Figura 4 - Representação Guiamento Indutivo.....	23
Figura 5 - AGV na Indústria.....	24
Figura 6-AGV de arraste na indústria.....	25
Figura 7-Representação AGV de arraste .....	26
Figura 8-AGV com mesa de transferência na indústria.....	26
Figura 9-Representação AGV com mesa de transferência.....	27
Figura 10-AGV empilhadeira.....	28
Figura 11-Representação AGV empilhadeira.....	28
Figura 12-AGV plataforma na indústria.....	29
Figura 13-AGV empilhadeira back view.....	29
Figura 14-AGV rebocador.....	30
Figura 15-AGV rebocador na indústria .....	30
Figura 16 - Exemplo de Chassi de AGV .....	32
Figura 17 - Componentes Motor CC .....	33
Figura 18 - Componentes Motor CA .....	33
Figura 19-AGV standard AMS.....	36
Figura 20-Protótipo inicial do chassi.....	37
Figura 21-Vista frontal AGV.....	38
Figura 22-Vista perfil AGV.....	38
Figura 23-Bateria usada no AGV .....	39
Figura 24-CLP .....	40
Figura 25-Drives.....	41
Figura 26-Brushless Motor.....	41
Figura 27-Dimensões do Motor.....	42
Figura 28-Curva de performance do motor (R.P.M) .....	42
Figura 29 - Sensor de espectro.....	43
Figura 30-Primeiro Chassi do AGV .....	44
Figura 31-Teste de movimentação.....	44
Figura 32-Teste de Reboque.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros AGV standard MAS .....	36
Tabela 2 - Dimensões chassi .....	39
Tabela 3 - Parâmetros da bateria .....	39
Tabela 4 - Parâmetros CLP.....	40
Tabela 5 - Especificações Motor .....	42
Tabela 6 - Parâmetros Sensor .....	43
Tabela 7 - Parâmetros do AGV .....	45
Tabela 8 - Componentes e valores.....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES .....	14
1.1.1	Hipóteses .....	14
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	14
1.3	OBJETIVOS.....	15
1.3.1	<i>Objetivos gerais</i> .....	15
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	15
1.4	JUSTIFICATIVA.....	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
2.1	CONTEXTO HISTÓRICO .....	17
2.2	INDUSTRIA 4.0 .....	18
2.2.1	<i>robótica na indústria</i> .....	18
2.3	O QUE UM AGV? .....	19
2.4	SISTEMAS DE UM AGV .....	19
2.4.1	<i>SISTEMA DE GUIAMENTO A LASER</i> .....	20
2.4.2	<i>SISTEMA DE GUIAMENTO ÓPTICO</i> .....	21
2.4.3	<i>SISTEMA DE NAVEGAÇÃO POR GEOLOCALIZAÇÃO</i> .....	22
2.4.4	<i>GUIAMENTO INDUTIVO OU FILOGUIADO</i> .....	22
2.5	TIPOS DE AGV .....	24
2.5.1	<i>AGV de arraste</i> .....	25
2.5.2	<i>AGV com mesa de transferência</i> .....	26
2.5.3	<i>AGV empilhadeira</i> .....	27
2.5.4	<i>AGV plataforma</i> .....	29
2.5.5	<i>AGV rebocador</i> .....	30
2.6	OS VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	31
2.7	O CHASSI.....	31
2.8	MOTORIZAÇÃO DO AGV .....	32
2.8.1	<i>MOTOR CC</i> .....	32
2.8.2	<i>MOTOR CA</i> .....	33
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
3.1	ETAPAS BÁSICAS .....	35
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>36</b>

4.1	CHASSI DO AGV .....	37
4.2	SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO .....	39
4.3	SISTEMA DE CONTROLE .....	40
4.4	SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO .....	41
4.5	SISTEMA DE VISÃO .....	43
<b>5</b>	<b>TESTES E RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
5.1	PARÂMETROS DO AGV .....	45
<b>6</b>	<b>RECURSOS .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo dos negócios, mais precisamente falando do ramo industrial, tem vivido um dos seus períodos mais importantes da história; a chamada Revolução 4.0.

Segundo a CNI, Confederação nacional da Indústria (2020), uma das principais características da Indústria 4.0 é a digitalização da atividade industrial integrando tecnologias físicas e virtuais. Além disso, segundo a CNI, uma outra motivação relevante para a introdução das tecnologias advindas com a indústria 4.0 é a redução de custos de energia como manutenção, ociosidade de máquinas além de outros insumos.

Segundo a Editora Auto Data (2019) a indústria 4.0 começa a ganhar terreno em montadoras e seus fornecedores instalados no Brasil. Tal interesse gira em torno da automação de processos e dos novos conceitos de manufatura que vem englobando essas novas tecnologias.

Dentre as muitas inovações que vem surgido durante este período, tem tomado grande destaque nas indústrias, principalmente em montadoras, o uso de AGVs.

Um AGV (*Automated Guided Vehicle*) é um veículo autoguiado que através de sensores “lê” caminhos pré-estabelecidos ou se localiza no espaço através de sensores. São muito utilizados em indústrias para transportes de materiais e outros objetos, além de oferecerem mais segurança e precisão na atividade que está realizando se comparado à um ser humano.

O presente trabalho delimita-se em realizar um dimensionamento de um AGV em especial no que diz respeito a toda a parte mecânica do veículo. Para isso, será feito uma análise que mostre os esforços que esse veículo será imposto para que dessa forma seja dimensionado com base nessa coleta de dados.

Com esse estudo, busca-se mostrar que é possível desenvolver tal tecnologia equiparando-se a eficiência de AGVs já existentes no mercado, porém à um menor custo de aquisição.

Desenvolver um veículo desse tipo de acordo com as necessidades requeridas pode-se tornar uma boa ideia uma vez que comprando um veículo comercial pode ser que se obtenha um veículo com uma eficiência muito superior a necessária ou seja, o que aumentaria o custo de aquisição. Por outro lado, pode-se também obter um veículo com eficiência abaixo da necessária o que acabaria por se tornar um problema também.

## 1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESES

Seria mais viável desenvolver um próprio AGV ao invés de buscar veículo já existente no mercado? Teria esse veículo, um padrão de eficiência de qualidade como os veículos comerciais?

### 1.1.1 Hipóteses

H0: Desenvolver um AGV a partir das necessidades que serão impostas a ele torna o veículo mais barato uma vez que ele será feito “sobre medida”, o que fará que ele não tenha uma eficiência tal que não será necessária a função que ele desempenhará, e nem abaixo tornando-o ineficiente.

H1: É possível alcançar eficiência necessária mesmo com um veículo de desenvolvimento próprio a um menor custo.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O objetivo deste trabalho é realizar a construção de um AGV para implementação em linha de montagem que será usado especificamente para tracionar carros de peças e dispositivos de montagem. O veículo deverá se equiparar em termos de eficiência a veículos já existentes no mercado buscando um menor custo de adesão. Este veículo deverá ser feito “sobre medida” afim de atender as necessidades a que será imposto. Tal construção possibilitará um carro ajustado as necessidades da tarefa que exercerá não tendo parâmetros de eficiência maiores do que o necessário nem tão pouco menores possibilitando dessa forma o barateamento de sua implementação.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivos gerais

Realizar a construção de um AGV que consiga rebocar um dispositivo de 82,5 kg

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar os tipos de tecnologia que envolve a construção de um AGV
- Esclarecer conceitos e funcionamento dos AGVs.
- Escolher um AGV comercial consolidado no mercado, como referência aos parâmetros de eficiência no estudo a ser desenvolvido.
- Definir materiais, métodos e orçamento necessários.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

O mundo vive hoje um período de grande importância na história da engenharia, da indústria e da tecnologia como um todo. A chamada revolução 4.0. Dentre as muitas inovações que estão surgindo nesse novo período, tem sido um dos destaques as que são voltadas para processos de produção industriais. Tendo em vista isso, surge uma grande necessidade das empresas a se adaptar a esse novo modelo de negócios que vem surgindo afim de não ficarem para trás. Otimização de processos é um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas atualmente. Buscar produzir com a melhor qualidade possível, com o menor custo possível e trazendo melhor qualidade para o operador realizar seus serviços tem se tornado um grande desafio. Conciliar tais objetivos se torna uma grande corrida, e a busca desses resultados tem feito a indústria se desenvolver cada vez mais e se tornar o que é hoje. Dentre as diversas tecnologias que vem sendo adotadas pelas empresas no mundo todo para a otimização de

processos, uma das que tem se destacado é a utilização de AGVs. Um AGV é um equipamento de transporte que se desloca automaticamente seguindo uma trajetória pré-estabelecida por fitas que são lidas por sensores acoplados no veículo, uma segunda opção de tecnologia para esse veículo é o laser guiado. O controle do veículo é realizado através de um microcomputador com um programa embarcado, software executável, responsável sua programação. Os sistemas de direção e tração do veículo são implementados com motores de indução trifásica alimentados por inversores do tipo fonte de tensão. Uma das grandes dificuldades na aquisição desses veículos é o alto custo a que são vendidos, uma vez que é uma tecnologia relativamente recente e de grande utilidade. Tendo em vista isso, este trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de um AGV que se equipare em termos de eficiência à um veículo comercial e que supra todas as necessidades requeridas na empresa na função que será submetido, porém com um menor custo de aquisição, uma vez que ele será dimensionado de acordo com as necessidades impostas a ele. Esse estudo possibilitará um produto customizado. Como seu desenvolvimento envolve diversas áreas do conhecimento da engenharia, possibilitará que o acadêmico, amplie os conhecimentos na área principal de estudo (mecânica) bem como nas diversas outras envolvidas nessa tecnologia que está se tornando uma realidade nas indústrias modernas mais competitivas. Para isso, serão realizados estudos no que diz respeito a toda a parte mecânica que envolve o desenvolvimento do veículo, como: dimensionamento da estrutura e análise de esforços a ela impostos através de softwares comerciais, escolha de materiais e dimensionamento dos motores.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse trabalho tem como foco a construção de um protótipo de AGV no que diz respeito a toda sua parte mecânica, como transmissões, motores e estrutura. Para isso começaremos entendendo um pouco sobre o que são os veículos AGV, seu histórico e todos os conceitos voltados para sua construção que dizem respeito a engenharia mecânica. Um AGV em grande parte, é uma ferramenta que envolve muitos conceitos da engenharia da computação, controle e automação e elétrica. Nesse trabalho será apresentado os conceitos pertinentes a essas áreas contudo, o foco será naqueles pertinentes a engenharia mecânica.

Além disso, para tornar esse estudo viável a uma futura possível implementação em ambiente industrial, será necessário avaliar as condições de uso a que esse veículo será submetido para que se torne possível seu dimensionamento.

Será mostrado também, alguns dos veículos existentes no mercado que poderiam ser usados na aplicação afim de obter uma comparação com o veículo dimensionado.

### 2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

A Revolução Industrial foi um período que se caracterizou por um grande desenvolvimento tecnológico, originando-se na Inglaterra e espalhando-se pelo mundo a partir da segunda metade do século XVII, causando grandes transformações na sociedade como um todo.

Em um aspecto geral, a revolução corresponde a mudanças tanto na área econômica quanto tecnológica que além de consolidarem o sistema capitalista, moldaram novas formas de organização da sociedade.

A revolução Industrial inicialmente dividia-se em 3 fases, sendo elas: Primeira Revolução Industrial; Segunda Revolução Industrial e Terceira Revolução Industrial, sendo essa última marcada por não somente por mudanças no setor industrial, mas também por enormes avanços científicos.

## 2.2 INDÚSTRIA 4.0

Com o passar do tempo e os avanços tecnológicos e a invenção da internet, a Terceira Revolução Industrial mostrou que havia uma grande necessidade de conectar o mundo virtual com o mundo real. Por exemplo, hoje é possível fazer compras, pagar contas, marcar todo tipo de compromisso sem sair de casa, apenas com alguns clicks através dos smartphones.

Dessa forma, esse tipo de tecnologia, que transforma a maneira como as coisas eram feitas, fazendo ações no mundo virtual que tem resultados no mundo físico nos dá uma prévia de um período já contemplado em muitos países, período esse que é defendido por muitos como a “Quarta Revolução Industrial”.

Dentre um dos principais fatores dessa nova fase tecnológica, está a crescente automatização dos processos de produção enaltecendo ainda mais um novo conceito chamado de Indústria 4.0. A Indústria 4.0 caracteriza-se pelo desenvolvimento de sistemas inteligentes para execução, monitoramento e tomada de decisões. Como consequência da aplicação dessas novas tecnologias, está o aumento da produtividade, além de impactos na segurança dos funcionários e qualidade dos produtos.

### 2.2.1 robótica na indústria

Com o advento da globalização e indústria 4.0, muitos setores da sociedade sofreram mudanças diretas e indiretas. Setores como política, relações sociais, desenvolvimento tecnológico, processos de produção e muitos outros, sofreram mudanças que mudariam para sempre a maneira como são vistos ou executados.

Na indústria, estão cada vez mais sendo introduzidos robôs e processos automáticos, aumentando assim a produtividade, além de impactos em outras áreas dos processos de produção como qualidade e segurança. Conforme dados divulgados pela Organização das Nações Unidas (ONU), numa escala global, cerca de 85 mil robôs são introduzidos anualmente na indústria.

### 2.3 O QUE UM AGV?

Um AGV (*Automated Guided Vehicle*), é uma ferramenta robótica geralmente usada para deslocamento de carga.

A Principal característica desse tipo de veículo é a percepção. Veículos desse tipo podem se mover e perceber as coisas ao seu redor uma vez que são constituídos de mecanismos de *hardware* e *software* como sensores para visão e deslocamento. (ALMEIDA, 2016)

Um sistema AGV substitui veículos do tipo reboque e carros mecanizados; uma grande vantagem é que ele é ativado sem auxílio de um motorista. No funcionamento básico, um AGV consiste em um sistema de orientação óptico que pode ser tanto magnético ou via rádio. No sistema óptico, linhas direcionais são colocadas no piso a qual o AGV irá percorrer. O AGV então, se direciona através de um feixe de luz que segue essas linhas. (J. Closs, Cooper, C. Bowersox, & J. Bowersox, 2014).

Segundo o site *Direct Industry*, sua principal função consiste no transporte de material, e componentes de todo tipo, bem como também podem ser usados para trabalhos de reboque e elevação de carga.

### 2.4 SISTEMAS DE UM AGV

A escolha do sistema de navegação de um AGV deverá ser escolhida com base no ambiente de trabalho no qual ele será utilizado. Fatores como temperatura, presença de trabalhadores, humidade, entre outros, podem influenciar na escolha do melhor sistema

Um dos grandes diferenciais do AGV, está no fato de ele não precisar de uma pessoa para manuseá-lo. Dessa forma, a tecnologia de navegação são um ponto importante ser levado em conta quando se diz respeito a construção de um AGV. Vejamos algumas dessas principais tecnologias abaixo.

### 2.4.1 SISTEMA DE GUIAMENTO A LASER

O guiamento a laser é um tipo de guiamento diferente dos demais já mencionados que funcionam basicamente da mesma maneira apenas com uma alteração no tipo de leitura. Ele não possui uma rota definida por fios ou fitas postas no chão.

Seu funcionamento se dá através de painéis refletores postos em colunas ou paredes em uma posição elevada. Cada painel funciona como uma referência espacial que será detectada pelo scanner a laser instalado no AGV. Após realizar a varredura do ambiente a sua volta, um método de triangulação é usado para que o veículo consiga se orientar. (Cunha, 2018)

Na Figura 1 abaixo, é mostrado a representação do guiamento a laser.



Fonte: SINOVA (2020)

Esse sistema fornece uma grande flexibilidade uma vez que as rotas podem ser alteradas via *software* e o veículo não necessita da indicação de rotas (Almeida, 2016, P.14). Ele consegue percorrer qualquer rota desde que esteja dentro da área delimitada pelos refletores.

É importante lembrar que para o bom funcionamento dessa tecnologia o AGV deve possuir um sensor rotativo capaz de fazer uma leitura de 360° e que sua visão dos refletores não seja bloqueada.

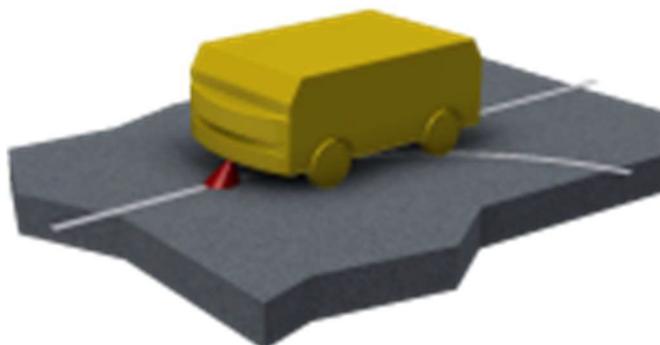
## 2.4.2 SISTEMA DE GUIAMENTO ÓPTICO

Nesse tipo de navegação, o caminho no qual o veículo irá percorrer é demarcado por fitas que podem ser coladas ou pintadas no chão. A leitura dessas fitas funciona através de sensores ópticos que são colocados no AGV que identificam a diferença de contraste entre a fita e o piso. Para esse tipo de guiamento geralmente é colocado lâmpadas de led junto aos sensores que servem somente para iluminar o caminho lido pelo sensor para se evitar erros de leitura por variações de luminosidade do local.

Para Cunha (2018), esse tipo de tecnologia é uma solução que se encaixa perfeitamente em layouts não muito complexos uma vez que é uma tecnologia simples além de ser mais barata.

Na Figura 2 abaixo, é mostrado a representação do guiamento a laser.

Figura 2 - Representação Guiamento Óptico



Fonte: SINOVA (2020)

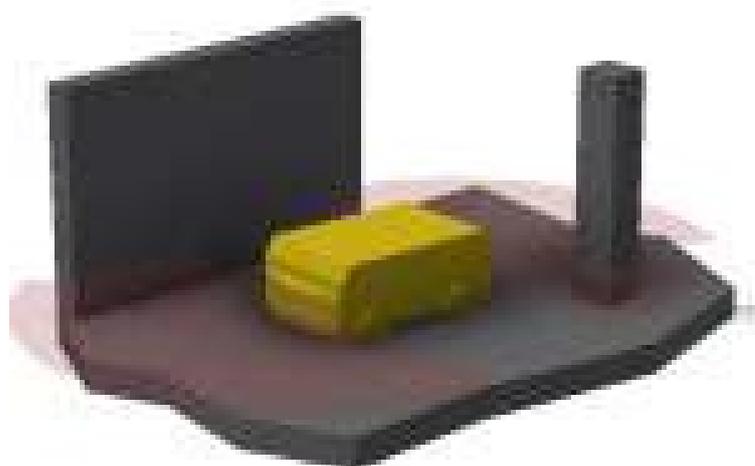
Um ponto importante a ser levado em conta na utilização desse tipo de tecnologia é no que diz respeito ao ambiente que ele é instalado. Essa tecnologia depende que o sensor detecte o contraste entre a fita e o piso, dessa forma, o ideal é que esse sistema não seja instalado em locais sujos ou com muito tráfego de pessoas. Além disso, deve-se manter uma manutenção regular da fita para que se mantenha sua distinção com o solo.

### 2.4.3 SISTEMA DE NAVEGAÇÃO POR GEOLOCALIZAÇÃO

Neste tipo de sistema, a área de atuação do AGV é mapeada e guardada na memória do veículo possibilitando assim que ele se locomova sem a necessidade de nem uma alteração na estrutura do local de atuação.

Na Figura 3 Figura 1 abaixo, é mostrado a representação do guiamento a laser.

Figura 3-Sistema por geolocalização



Fonte: SINOVA (2020)

### 2.4.4 GUIAMENTO INDUTIVO OU FILOGUIADO

No guiamento indutivo é instalado um fio elétrico aproximadamente 2 cm abaixo do piso. Esse fio irá definir o trajeto pelo qual o AGV irá percorrer.

O funcionamento acontece por magnetismo. Os fios que definem o trajeto são energizados e geram um campo eletromagnético por toda sua extensão. No AGV são embarcadas duas bobinas que fazem o trabalho de detecção desse campo magnético. Essas bobinas são instaladas de forma que a diferença de sinal captado entre elas represente um desvio na rota. Dessa forma o AGV saberá detectar quando deve virar à esquerda ou direita. (Cunha, 2018)

Figura 4 - Representação Guiamento Indutivo



Fonte: SINOVA (2020)

Por se tratar de uma tecnologia que usa campo eletromagnético para se locomover, ambientes com sujeira e com movimentação de pessoas não irão influenciar em seu funcionamento (Cunha, 2018). Porém, é importante lembrar que para pisos feitos de materiais metálicos, torna-se inviável o uso dessa tecnologia uma vez que o piso metálico provocará variações no campo magnético ocasionando um erro de leitura pelo veículo.

Além disso, esse tipo de tecnologia se torna um pouco mais cara visto que se torna necessário fazer um corte no piso em toda a extensão do trajeto do veículo. Portanto, o ideal é fazer esse tipo de instalação em layouts que não sofreram modificações a curto prazo pois seu remanejamento, diferente do guiamento óptico, é mais caro.

Figura 5 - AGV na Indústria



Fonte: Turck (2020)

O AGV se locomove de forma autônoma, ele possui como sua fonte de energia um sistema de baterias embarcado que, dependendo da potência, pode fazer o veículo trabalhar por várias horas consecutivas o que se torna uma grande vantagem levando em conta sistemas convencionais de locomoção de carga.

Para Vendramin (2016), existe ainda um melhor controle sobre as operações realizadas uma vez que o AGV trabalha totalmente de forma automática sendo controlado por computador. Os riscos de falhas, que são maiores quando a tarefa é realizada por humanas é menor sendo realizada por um AGV.

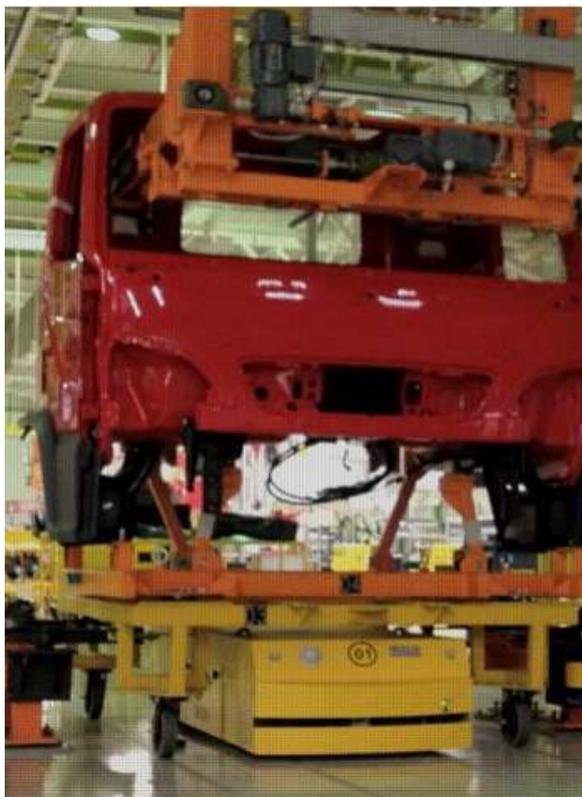
## 2.5 TIPOS DE AGV

Além das tecnologias de navegação, os AGVs são classificados também quanto ao tipo de trabalho que exercem.

### 2.5.1 AGV de arraste

Esse tipo de AGV é um equipamento que possui uma tecnologia robótica muito avançada; e como o nome sugere, é usado para arraste de carga. Possui engate e desengate automático e, além disso, faz a troca automática do carrinho de arraste, o que oferece uma grande flexibilidade nas suas funções de limitação dimensional (SINOVA, 2021)

Figura 6-AGV de arraste na indústria



Fonte: SINOVA (2020)

Uma outra grande característica é que por conta de sua versatilidade, ele consegue mover cargas de diferentes pesos e tamanhos, além de rapidez e eficiência na movimentação do material.

Figura 7-Representação AGV de arraste



Fonte: SINOVA (2020)

### 2.5.2 AGV com mesa de transferência

O AGV com mesa de transferência, locomove cargas através de uma mesa de rolos, correntes ou esteiras.

Figura 8-AGV com mesa de transferência na indústria



Fonte: SINOVA (2020)

Figura 9-Representação AGV com mesa de transferência



Fonte: SINOVA (2020)

Ideal para uso em centros logísticos e linhas de produção, uma vez que possui funções de rotação e elevação.

Este tipo de AGV é capaz de aumentar a eficiência da operação diminuindo o tempo de processo e assim podendo aumentar a produção.

### **2.5.3 AGV empilhadeira**

Usado especialmente para movimentação de paletes e racks, esse tipo de AGV é capaz de se deslocar com precisão em corredores e fazer o posicionamento de cargas nos locais desejados.

Figura 10-AGV empilhadeira



Fonte: SINOVA (2020)

Entre os AGVs empilhadeira, os mais populares são os de garfos, que oferecem mais flexibilidade e segurança no transporte de material.

Figura 11-Representação AGV empilhadeira



Fonte: SINOVA (2020)

#### 2.5.4 AGV plataforma

Existem dois tipos principais de AGV plataforma. O AGV com plataforma dedicada que faz movimentação de motores, caminhões, ônibus dentre outros; e o AGV com plataforma elevatória que eleva e ajusta em alturas específicas automaticamente.

Figura 12-AGV plataforma na indústria



Fonte: SINOVA (2020)

Esses tipos de AGV são especialmente utilizados na produção e montagem de automóveis, podemos ser dimensionados para diferentes.

Figura 13-AGV empilhadeira back view



Fonte: SINOVA (2020)

### 2.5.5 AGV rebocador

O AGV rebocador realiza transporte de material através de tração puxando outros “vagões” que muitas vezes podem ser carros ou dispositivos com rodas.

Geralmente consegue tracionar cargas de até 4 toneladas e possui engates do tipo manual, também automático.

Figura 14-AGV rebocador



Fonte: SINOVA (2020)

Uma grande vantagem desse tipo de AGV é que por conta de sua configuração de trabalho, ele consegue movimentar mais carga que uma empilhadeira convencional conseguiria.

Figura 15-AGV rebocador na indústria



Fonte: SINOVA (2020)

Em um aspecto geral, todos os tipos de AGV apresentados possuem sensores de navegação, o que diminui o risco de acidentes de trabalho e interrupções na produção. Além da alta capacidade de manter o trabalho por longas horas e até mesmo dias antes de carregar as baterias, o AGV ajuda a padronizar os processos, gerando ganho em produtividade e qualidade.

## 2.6 OS VEÍCULOS ELÉTRICOS

O sistema de funcionamento de um veículo elétrico é composto basicamente por baterias que irão armazenar energia para o funcionamento do veículo, um motor e um conversor de potência. A recarga da bateria é feita de maneira simples usando a própria rede elétrica. O controlador serve para ajustar a energia da bateria fazendo com que ela se adeque as características do motor além de controlar a potência fornecida. (Vendramin, 2016)

## 2.7 O CHASSI

Segundo Vendramin (2016), a principal função do chassi não só em um AGV como também em todo o veículo, é dar suporte aos demais componentes servindo como estrutura de carga e montagem para eles. É o “esqueleto” do veículo. O chassi pode ser desenvolvido das mais variadas maneiras e formas e usando diversificados tipos de materiais. Todos esses fatores de construção e dimensionamento de um chassi dependem das condições a que serão impostas o veículo.

Figura 16 - Exemplo de Chassi de AGV



Fonte: NEI (2020)

Tendo como principal função o transporte de carga, o chassi de um AGV precisa ser construído de forma que possa suportar os esforços externos que lhe serão aplicados pelos carregamentos a ele impostos.

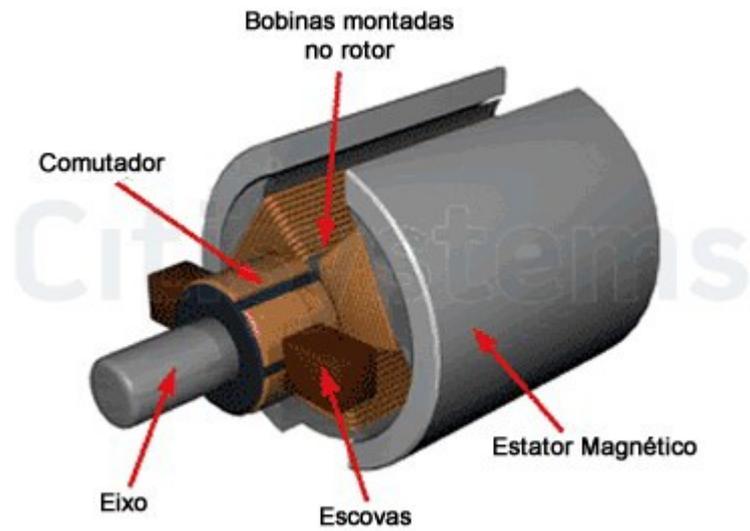
## 2.8 MOTORIZAÇÃO DO AGV

De acordo com Amilton (2011), os motores elétricos que geralmente são utilizados em um AGV podem ser divididos em dois grandes grupos: Os motores de corrente contínua (CC) e os motores de corrente alternada (CA).

### 2.8.1 MOTOR CC

Um motor CC é composto de um eixo acoplado ao rotor. O estator é composto por um ímã e o comutador transfere energia da fonte de alimentação (bateria) ao rotor.

Figura 17 - Componentes Motor CC



Fonte: Citisystems (2020)

## 2.8.2 MOTOR CA

Durante o funcionamento do motor de CA, o núcleo do rotor interage com o campo magnético gerado pelos enrolamentos de cobre do estator fazendo com que o rotor produza torque. Esses componentes no geral são alojados em uma caixa projetada para proteger o motor e para controlar a refrigeração.

Figura 18 - Componentes Motor CA



Fonte: citisystems (2020)

A principal diferença entre os motores de corrente contínua e alternada, além de sua alimentação, está no seu controle de velocidade. No motor de corrente contínua a velocidade com base na tensão aplicada. Dessa forma, a velocidade de rotação de um motor desse tipo pode ser aumentada ou diminuída apenas variando a tensão aplicada.

O motor de corrente alternada por outro lado, tem sua velocidade determinada pela frequência de tensão. E sua velocidade somente pode ser mudada através de um variador de frequência que altera a frequência da potência de entrada fornecida.

### 3 METODOLOGIA

Pesquisa de cunho descritiva e exploratória visando adquirir um acúmulo de conhecimento que torne possível a realização do trabalho final que consiste na construção de um AGV industrial.

Primeiramente, foram definidos alguns dos principais conceitos e tecnologias em torno da construção de um AGV para que desse modo fosse possível definir os melhores recursos que se encaixam na construção do AGV que supra as necessidades requeridas.

Para se obter os dados necessários à realização deste trabalho, foram feitas pesquisas bibliográficas que abordassem o assunto afim de aplicar conhecimento técnico e teórico ao trabalho. Além disso, como não se possuía o *know how* sobre construção de veículos desse tipo, buscou-se esse tipo de conhecimento com empresas especializadas.

Com caráter mais exploratório, buscou-se a existência de um AGV comercial que se adapte as condições de uso necessárias para se obter uma comparação de desempenho entre o AGV aqui dimensionado e existente no mercado.

#### 3.1 ETAPAS BÁSICAS

- Realizar embasamento teórico de dimensionamento de veículos desse tipo;
- Mostrar as principais tecnologias envolvidas na construção de um AGV;
- Escolher um AGV comercial para se ter como parâmetro de construção e comparação;
- Definir meios e métodos para a construção do Veículo
- Concluir se foi possível ou não obter um veículo que se equipare em termos de desempenho ao veículo comercial com um menor custo de aquisição.

#### 4 DESENVOLVIMENTO

Para a análise de base e para fins de comparação, optou-se por escolher um AGV de mercado do tipo reboque. Este tipo de AGV foi selecionado pois a atividade que ele executará será a de reboque de um dispositivo de 79 Kg. Dessa forma foi escolhido o modelo de AGV standard da empresa AMS. Dessa forma foram coletadas as informações oferecidas pelo próprio fabricante sobre o AGV servir de base e posteriormente ser realizado as comparações.

Figura 19-AGV standard AMS



Fonte: AMS (2020)

Tabela 1 - Parâmetros AGV standard MAS

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Bateria	2 baterias de 24V
Motorização	24W de potência
Durabilidade	1,5~2 dias
Capacidade de reboque	Até 700 ~1000 kg
Preço	R\$150.000,00

Fonte: AMS 2021

Para a construção de um AGV são necessários diversos componentes. Para o foco deste trabalho, serão dimensionados os motores e o chassi doP AGV.

#### 4.1 CHASSI DO AGV

Para o chassi do AGV, usou-se como base o mesmo chassi do AGV standard escolhido. O chassi foi todo modelado no software Autodesk Inventor, para que fosse possível ser realizada uma análise estrutural do mesmo para se observar seus limites de esforço. A escolha desse modelo de chassi se deve pelo fato de já ser um modelo usado comercialmente e que já atende ao requisito básico de esforços tracionando uma carga de 100 kg. A aplicação a que o protótipo será submetido será também para rebocar carros e dispositivos que tem massa em torno de 100 kg. Portanto, 100 kg será a carga de tração base mínima que buscase fazer que o protótipo seja capaz de rebocar.

Figura 20-Protótipo inicial do chassi



Fonte: Autor 2021

Antes de se usar como base o chassi do AGV standard escolhido, foi feito uma concepção simplista do chassi, pensando principalmente em um chassi que pudesse ter uma base com espaço para comportar todos os componentes do veículo.,

Após alguns testes desse AGV rebocando um dispositivo de 79 kg, ouve se a necessidade de fazer alguns ajustes no chassi, diminuindo seu comprimento e mudando a disposição das rodas para que ele ganhasse mais estabilidade.

Por fim, devido a fiação e organização dos outros componentes do AGV, foi adicionado um painel que aumentou o peso do veículo, dessa forma optou-se por uma configuração parecida com o AGV comercial escolhido chegando no chassi final baixo.

Figura 21-Vista frontal AGV



Fonte: Autor 2021

Figura 22-Vista perfil AGV



Fonte: Autor 2021

Tabela 2 - Dimensões chassi

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Altura	690 mm
Largura	720 mm
Comprimento	850mm

Fonte: Autor 2021

#### 4.2 SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO

Para o sistema de alimentação do AGV foram utilizadas duas baterias estacionárias de 24 V e 60 A. Abaixo temos as especificações técnicas das baterias.

Figura 23-Bateria usada no AGV



Fonte: Cassol Centerlar 2021

Tabela 3 - Parâmetros da bateria

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Tensão Nominal</b>	12V
<b>Capacidade</b>	60Ah
<b>Peso</b>	14,10 kg
<b>Comprimento</b>	24,4 cm
<b>Largura</b>	17,5 cm
<b>Altura</b>	17,5 cm

Fonte:

### 4.3 SISTEMA DE CONTROLE

O sistema de controle do AGV é feito através de um CLP Mitsubishi FX3U. Através de uma programação embarcada, foi possível definir os tempos de preparação antes da partida do AGV, bem como definir os comandos de todos os botões de stop, parada, ready e botão de emergência.

Figura 24-CLP



Fonte: Autor 2021

Tabela 4 - Parâmetros CLP

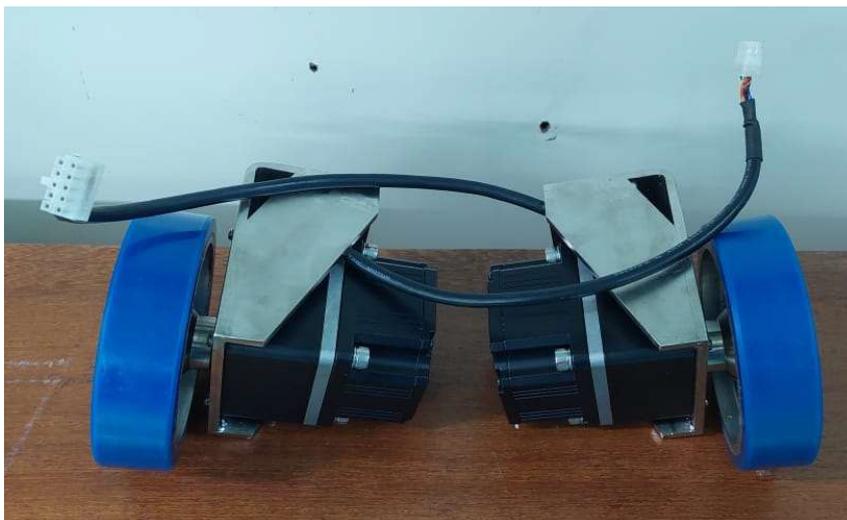
Parâmetro	Valor
<b>Brand</b>	Mitsubishi
<b>Série</b>	FX3U
<b>Tipo de saída</b>	Transistor
<b>Número de inputs</b>	8

Fonte: Indiamart 2021

#### 4.4 SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO

Para a realização do movimento de tração do AGV, foram utilizados drives simples de corrente contínua JLT Electric Motor.,LTD.

Figura 25-Drives



Fonte: Autor 2021

Figura 26-Brushless Motor



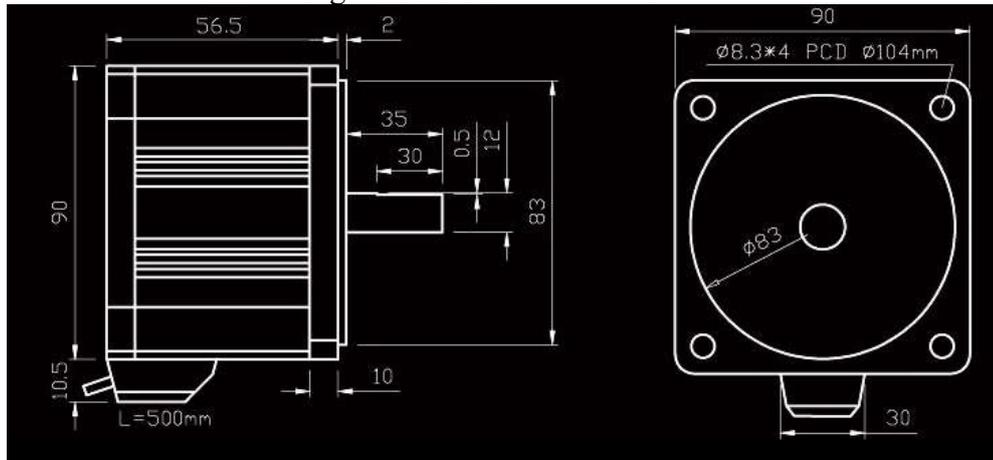
Fonte: JLT Electric Motor, 2021

Tabela 5 - Especificações Motor

Parâmetro	Valor
Tensão	24 V
Velocidade Nominal	2500 RPM
Velocidade Máxima	3000 RPM
Torque Nominal	0,12 Nm

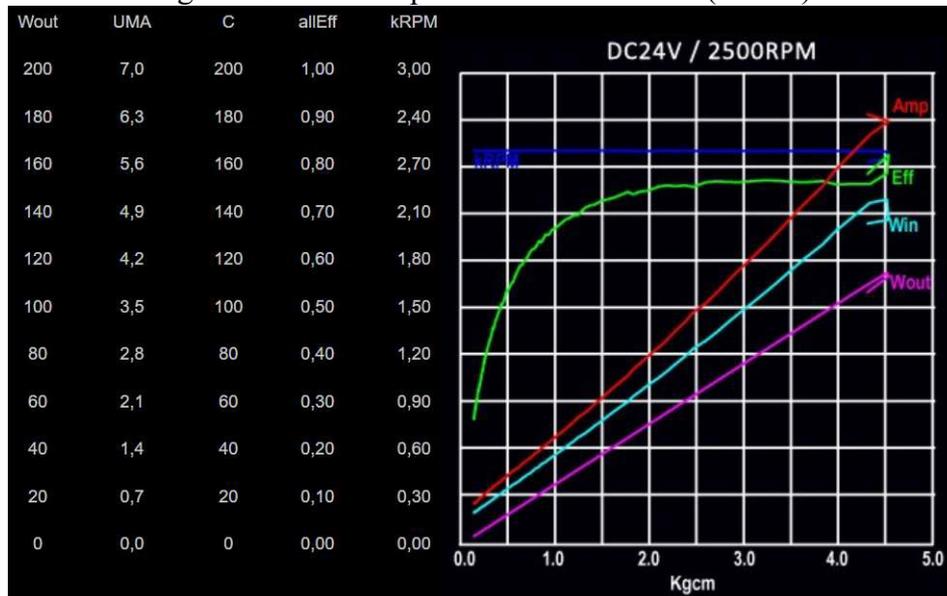
Fonte: Própria

Figura 27-Dimensões do Motor



Fonte: JLT Electric Motor, 2021

Figura 28-Curva de performance do motor (R.P.M)



Fonte: JLT Electric Motor, 2021

#### 4.5 SISTEMA DE VISÃO

Para o sistema de visão do AGV foi usado o sensor de espectro Keyence LR-W500C

Figura 29 - Sensor de espectro



Fonte: Keyence 2021

Tabela 6 - Parâmetros Sensor

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Modelo	LR-W500
Tipo	Tipo de cabo de 2m
Distância de Detecção	30 a 500 mm
peso	170 g

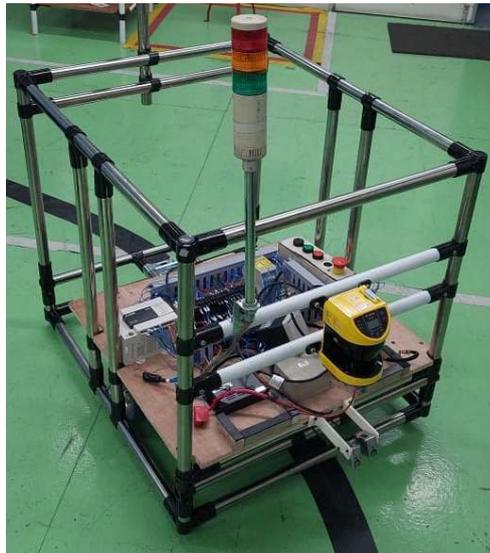
Fonte: Keyence 2021

## 5 TESTES E RESULTADOS

Nessa seção serão apresentados os resultados dos testes que foram realizados no AGV.

Inicialmente, o AGV possuía uma configuração simples no formato do seu chassi sendo ele apoiado por duas rodas na frente, duas atrás e as duas no meio dos drives do AGV.

Figura 30-Primeiro Chassi do AGV



Fonte: Autor 2021

Após os primeiros testes de movimentação do AGV, verificou-se que havia um certo problema de estabilidade. O AGV apresentava má distribuição no peso dos seus componentes e a configuração no apoio das rodas também não favorecia o seu movimento. Dessa forma foram realizadas mudanças na configuração do chassi e no apoio das rodas.

Figura 31-Teste de movimentação



Fonte: Autor 2021

Nos testes de rodagem o AGV após as modificações feitas no chassi, o AGV apresentou bom desempenho, apresentando poucas variações e demonstrando uma boa estabilidade.

Após verificado o sucesso na movimentação do AGV, partiu-se então para o teste de reboque, que era o objetivo principal do projeto; construir um AGV que pudesse rebocar um dispositivo de 100 kg.

Figura 32-Teste de Reboque



Fonte: Autor 2021

Nos testes de reboque, o AGV conseguiu rebocar sem dificuldades um dispositivo de aproximadamente 100 Kg. O que comprovou a eficácia e sucesso do desenvolvimento.

## 5.1 PARÂMETROS DO AGV

Tabela 7 - Parâmetros do AGV

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Bateria	2 baterias de 12V
Motorização	0,12 Nm
Velocidade	0,36 m/s
Autonomia	-
Capacidade de reboque	-
Peso	88,5 kg
Preço	R\$22.310,76

Fonte: Autor 2021

## 6 RECURSOS

Foi realizado um levantamento de todas as peças que foram utilizadas no AGV

Tabela 8 - Componentes e valores

<b>MATERIAL</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>IMPORTÂNCIA</b>
CLP-MITSUBISHI FX3U-16M	01	R\$ 2828,13
RELÉ DE SEGURANÇA EUCHER ESM-BA3	02	R\$ 1559,26
RELÉ CONJ. OMRON G6B-4BND	01	R\$ 24,20
TORRE SINALIZAÇÃO PATLITE LE-302FBP-RYG	01	R\$ 230,00
SINALIZAÇÃO SONORA PATLITE BD-24A	01	R\$ 120,00
BOTÃO DE EMERGÊNCIA	01	R\$ 27,82
BOTÃO PUSH AZUL, VERDE E VERMELHO	03	R\$ 43,20
CHAVE SECCIONADORA TRIWAY	01	R\$ 290,34
DISJUNTOR 16A	01	R\$ 13,39
DISJUNTOR 3A	01	R\$ 53,90
BATERIA 12V-60A	02	R\$ 983,88
SENSOR DE ESPECTRO KEYENCE LR-W500C	02	R\$ 4223,54
SCANNER DE SEGURANÇA KEYENCE SZ-01S(PNP)	01	R\$ 8767,71
DRIVE FOR AGV	02	R\$ 1050,00
CHASSI (TUBULAR)	01	R\$ 1550,00
QUADRO MONTAGEM DE STRUM 600X400X250	01	R\$ 545,39
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 22.310,76</b>

Fonte: Autor 2021

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Com base nos testes realizados e nos resultados obtidos, podemos verificar que o AGV construído atende a necessidade de reboque necessária na empresa onde ele exercerá a função.

Além disso, durante os testes, foi percebido que o AGV exerce o reboque do dispositivo em questão com certa facilidade. O que dá indícios que a sua capacidade de reboque é ainda maior do que a necessária.

Comparado ao AGV comercial selecionado, que apresentava uma capacidade superdimensionada para o que realmente seria necessário. O AGV construído atendeu muito bem as expectativas.

O valor final do AGV totalizou R\$ 22.310,76 comparado ao AGV comercial (R\$ 150.00,00) teve um custo de aproximadamente 6,7 vezes menos.

Devido as necessidades de adequação as normas para trabalhos com esse tipo de veículo, além das exigências internas da própria empresa, o AGV ainda não se encontra com todos os testes concluídos. Tendo em vista isso, como próximos trabalhos futuros, será realizado um teste de atuação em linha de montagem, para assim determinar todos os parâmetros do AGV tais como de eficiência em trajetórias retas e curvas, bem como autonomia do AGV (tempo de funcionamento até a necessidade de recarregar as baterias novamente). Todos esses testes serão feitos para determinar a real capacidade do AGV construído.

Além disso, esse protótipo não conta com motor redutores em sua concepção. As próximas etapas deste trabalho contarão com o desenvolvimento de mais AGVs para serem usados em mais setores da fábrica. A ideia então é fazer com que esses novos veículos contem com toda a base matemática para seleção dos motores e motor redutores. Além disso. Será adicionado painéis de controle para Set dos parâmetros como ajuste de velocidade, vida útil da bateria e dentre outros. Nesse protótipo, observou-se uma dificuldade de set de parâmetros sem o painel.

No Geral, o AGV construído superou e muito as expectativas, principalmente no que diz respeito a custos e a força de reboque. Ainda há a necessidade de finalização dos testes para que se possa ter uma visão mais real do que o AGV construído é capaz.

## 8 REFERÊNCIAS

Amilton, J. Desenvolvimento de Um Protótipo de Veículo Autoguiado para Célula Produtiva. 2011. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) - ITD, Curitiba.

Cunha, G. Análise de Implementação de AGVs em um Ambiente Industrial. 2018. Dissertação (Eng. Cont. e AUTomação) - UFRS, Porto Alegre.

EAD PUC GOIÁS. (28 de abril de 2020). Acesso em 23 de outubro de 2020, disponível em. Fonte: ead.pucgoias: <https://ead.pucgoias.edu.br/blog/citacao-indireta>.

EDGE. (25 de outubro de 2019). AGV OU AMR? QUAL A MELHOR TECNOLOGIA PARA ROBÔS MÓVEIS? Acesso em 23 de outubro de 2020, disponível em edgeglobalsupply: <https://blog.edgeglobalsupply.com.br/agv-ou-amr/>

Filipe, L. (2016). VEÍCULO AUTO GUIADO (AGV - AUTOMATED GUIDED VEHICLE) - PROTÓTIPO SEGUIDOR DE LINHA. Dissertação, DISSERTAÇÃO (Dissertação em Engenharia Elétrica), Belo Horizonte.

J. Closs, D., Cooper, M., C. Bowersox, J., & J. Bowersox, D. (2014). Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos. MC Graw Hill.

nei, S. (2020). Veículo Autoguiado Industrial AGV 500kg - AMS. Acesso em 23 de outubro de 2020, disponível em Nei: <https://www.nei.com.br/veiculo-autoguiado-industrial-agv-500kg-ams/pg/Gyj5Vn4OI>

Silveira, C. B. (2020). Motor CC: Saiba como funciona e de que forma Especificar. Acesso em 23 de outubro de 2020, disponível em citisystems: <https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>

Silveira, C. B. (s.d.). Motor Elétrico CA: Quais os tipos e como especificar? Acesso em 23 de outubro de 2020, disponível em Citisystems: <https://www.citisystems.com.br/motor-eletrico/>

Sinova. (s.d.). Veículos Autoguiados (Sistema AGV): perfeitos para sua industria. Acesso em 23 de outubro de 2020, disponível em sinova: <https://www.sinova.com.br/sistema-agv/>

Tanaka, C. N. Metodologia de Dimensionamento do Sistema de Tração Para Veículos Elétricos. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências) - USP, São Paulo.

Vendramin, R. Otimização Estrutural de Chassi de um Veículo Guiado Automaticamente. 2016. Dissertação (Engenharia Mecânica) - UCS, Caxias do Sul.

KIM, C. W.; TANCHOCO, J.; KOO, P. H. AGV Dispatching Based on Workload Balancing. International Journal of Production Research, vol. 37, n. 17, nov. 1999.

J. Closs, D., Cooper, M., C. Bowersox, J., & J. Bowersox, D. (2014). *Gestão Logística da Cadeia de Suprementos*. MC Graw Hill.

Cunha, G. *Análise de Implementação de AGVs em um Ambiente Industrial*. 2018. Dissertação (Eng. Cont. e Automação) - UFRS, Porto Alegre.

J. Closs, D., Cooper, M., C. Bowersox, J., & J. Bowersox, D. (2014). *Gestão Logística da Cadeia de Suprementos*. MC Graw Hill.