



# Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

## **Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Académico e Industrial**

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de  
Equipamentos Mecânicos

Autor

**Wanderson Richard Gomes Melo**

Orientadores

**Prof. Doutor Fernando António Gaspar Simões**

**Prof. Doutor Nuno Miguel Fonseca Ferreira**



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, novembro de 2024



## **RESUMO**

Este relatório aborda a implementação de sistemas de robótica móvel, nomeadamente os Veículos Guiados Automatizados (AGVs) e os Robôs Móveis Autónomos (AMRs), no ambiente académico do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) e no ambiente industrial da empresa Sanitana. O relatório apresenta a evolução histórica da robótica, comparando as diferentes tecnologias tais como os AGV e os AMR, bem como detalha os componentes fundamentais de cada tipo de sistemas, incluindo sensores, sistemas de navegação, distintas configurações de rodas e também os métodos de carregamento de baterias.

No ISEC, o foco centra-se na definição de percursos para um AGV designado por TriBOT 5000 produzido pela ABB/ASTI, considerando a infraestrutura das oficinas mecânicas de modo a garantir a segurança e eficiência na movimentação deste tipo de equipamentos.

Para a empresa Sanitana foi realizado um estudo da implementação e integração de AGVs ou AMRs para otimizar a movimentação de cargas dentro da empresa, tendo em consideração os desafios de integração com outros sistemas existentes, bem como a adaptação dos processos de trabalho.

O relatório inclui uma análise detalhada das diferentes rotas, as cargas e descargas, assim como os tempos de movimentação, bem como a avaliação técnica das limitações e requisitos para a implementação eficaz de sistemas de robótica móvel. As tarefas desenvolvidas no ISEC incluem a criação de uma rota para a instalação do AGV, assim como o desenvolvimento de um manual de operação e programação destinado a futuros alunos. Na Sanitana, destaca-se a elaboração de um caderno de encargos para delinear o equipamento desejado junto a potenciais fornecedores, com intuito do fornecimento de um sistema adequado as necessidades da empresa.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Logística 4.0, AGV, AMR, robótica móvel, automação industrial.

## **ABSTRACT**

This report deals with the implementation of mobile robotics systems, namely Automated Guided Vehicles (AGVs) and Autonomous Mobile Robots (AMRs), in the academic environment of the Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) and in the industrial environment of the Sanitana company. The report presents the historical evolution of robotics, comparing different technologies such as AGVs and AMRs, as well as detailing the fundamental components of each type of system, including sensors, navigation systems, different wheel configurations and battery charging methods.

At ISEC, the focus is on defining routes for an AGV called TriBOT 5000 produced by ABB/ASTI, taking into account the infrastructure of the mechanical workshops in order to guarantee safety and efficiency when moving this type of equipment.

For the Sanitana company, a study was carried out into the implementation and integration of AGVs or AMRs to optimize the movement of loads within the company, taking into account the challenges of integration with other existing systems, as well as the adaptation of work processes.

The report includes a detailed analysis of the different routes, loading and unloading, as well as handling times, as well as a technical assessment of the limitations and requirements for the effective implementation of mobile robotics systems. The tasks carried out at ISEC include creating a route for installing the AGV, as well as developing an operating and programming manual for future students. At Sanitana, could be highlighted the preparation of specifications to outline the desired equipment with potential suppliers, with the aim of supplying a system suited to the company's needs.

**Keywords:** Industry 4.0, Logistics 4.0, AGV, AMR, mobile robotics, industrial automation.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este relatório a todos aqueles que se aventuraram a ser trabalhadores-estudantes. O desafio é imenso, mas a persistência e resiliência que os trouxeram até aqui são as mesmas características que os levarão a concluir os seus objetivos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha esposa Gabriela, por ter tido a paciência e sabedoria para lidar com tantas mudanças nos últimos meses. Este mestrado é tanto dela quanto meu.

À minha mãe, Alice, que sempre esteve presente, cobrando e acompanhando o meu rendimento escolar.

Ao meu pai, Geraldo, por me dar o exemplo de ser uma pessoa realizadora.

Aos meus irmãos, Danilo, Daniele, Gabriel e Ísis, vocês estão sempre nos meus pensamentos, onde quer que eu esteja.

Aos meus familiares e amigos, sem vocês, eu seria um livro vazio, sem histórias para contar.

Aos meus orientadores, Prof. Fernando Simões e Prof. Nuno Ferreira, e ao Tiago Godinho, por terem tido a generosidade de me guiarem durante todos esses meses.

A todos, muitíssimo obrigado.

## **ÍNDICE**

Resumo .....	i
<i>Abstract</i> .....	ii
Dedicatória .....	iii
Agradecimentos .....	iv
Índice.....	v
Índice de figuras.....	viii
Índice Tabelas .....	x
Lista de siglas e acrónimos .....	xi
Listas de símbolos .....	xii
1 Introdução .....	1
1.1 Motivação para a Realização do Projeto.....	2
1.2 Estrutura do Relatório .....	2
2 Estado da Arte .....	3
2.1 Robótica e seu contexto histórico .....	3
2.2 Indústria 4.0 .....	3
2.3 Logística 4.0 .....	4
2.4 Evolução da Robótica Móvel.....	5
2.4.1 Comparação ente AGVs e AMRs .....	6
2.4.2 História e Evolução dos AGVs .....	6
2.5 Caracterização dos AGVs .....	10
2.5.1 Componentes Fundamentais .....	11
2.6 Caracterização dos AMRs .....	12
2.6.1 Componentes Fundamentais .....	13
2.7 Classificação quanto à geometria do robô.....	13
2.7.1 Robô Plataforma.....	13
2.7.2 Robô Rebocador.....	15
2.7.3 Robô Empilhador.....	16
2.8 Configurações de Rodas para Robôs Móveis .....	18
2.8.1 Tração Direcional.....	18
2.8.2 Tração Omnidirecional.....	18
2.8.3 Tração Diferencial.....	18

2.9	Tipo de baterias mais utilizados.....	19
2.10	Métodos para Carregar Baterias de Robôs Móveis .....	21
2.10.1	Carregamento por Oportunidade.....	21
2.10.2	Troca Manual das Baterias .....	22
2.10.3	Troca Automática de Baterias.....	22
2.11	Leitores de Etiquetas RFID .....	22
2.12	Tecnologia SLAM em Robótica Móvel.....	23
3	Desenvolvimento do Projeto .....	24
3.1	Definição e Instalação de AGV em Ambiente Académico .....	24
3.1.1	Situação Atual do Laboratório de Oficinas Mecânicas.....	24
3.1.2	Características do AGV Adquirido .....	26
3.1.3	Sistema de Guia Utilizado .....	27
3.1.4	Etiquetas RFID.....	27
3.1.5	Limitações aos Estudos de Rotas .....	28
3.1.6	Estudos de Rotas.....	28
3.2	Estudo de Sistema Robótico para a Sanitana.....	29
3.2.1	Percurso do Vidro das Cabines para Base de Duche.....	29
3.2.2	Percurso dos Perfis para as Cabines para Base de Duche.....	33
3.2.3	Percurso dos Acessórios e Produtos Acabados.....	34
3.2.4	Fluxo de Processos.....	36
3.2.5	Definição das Fases do Projeto .....	37
3.2.6	Movimentações com Robôs FASE 01.....	38
3.2.7	Movimentações com robôs FASE 02.....	41
3.2.8	Distâncias para e Tempos para Movimentação das Cargas. ....	43
3.2.9	Características das cargas a serem movimentadas. ....	46
4	Materiais Produzidos ao Longo do Projeto.....	47
4.1	Ambiente académico (ISEC).....	47
4.1.1	Rota para o AGV Tribot 5000.....	47
4.1.2	Manual para Operação e Programação do AGV Tribot 5000.....	49
4.2	Ambiente Industrial (Sanitana) .....	52
4.2.1	Estrutura do Caderno de Encargos.....	52
4.2.2	Equipamentos em Orçamentação .....	52
5	Conclusões e Sugestões de Trabalhos Futuros .....	56

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Académico e Industrial*

5.1	Âmbito Académico (ISEC).....	56
5.1.1	Trabalhos Futuros no ISEC.....	56
5.2	Âmbito Industrial (Sanitana).....	57
5.2.1	Próximos Passos no Projeto Sanitana.....	57
6	Referências Bibliográficas .....	59
7	Apêndices.....	62
7.1	Apêndice 1 – Planta do Piso 1 e Piso 2 – Oficinas.....	63
7.2	Apêndice 2 – Manual rápido para Tribot 5000.....	64
7.3	Apêndice 3 – Caderno de Encargos para Implementação de AGVs .....	92
8	Anexo – Datasheet AGV Tribot 5000.....	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - 1953: Guide-O-Matic (EUA) [15]. .....	6
Figura 2.2 - 1960: AGV Stanford Cart (EUA) [16]. .....	7
Figura 2.3 - 1972: Shakey (EUA) [17]. .....	7
Figura 2.4 - 1973: Volvo (Kalmar, Suécia) [11]. .....	8
Figura 2.5 - 1985: Uranus (Primeiro AGV com Rodas Mecanum) [11]. .....	8
Figura 2.6 - 1991: AGV Guiado por Laser (Singapura) [11]. .....	9
Figura 2.7 - 2012: Kiva (EUA) [11]. .....	9
Figura 2.8 - 2015: AMR Locus Robotics (EUA) [18]. .....	10
Figura 2.9 - 2018: Gaussin AGV [11]. .....	10
Figura 2.10 - Plataforma com Mesa Elevatória [23]. .....	14
Figura 2.11 - Plataforma com Esteira [23]. .....	14
Figura 2.12 - Rebocador Híbrido Manual/Automático [25]. .....	15
Figura 2.13 - Rebocador Automático [23]. .....	15
Figura 2.14 - Empilhador Pallet Mover [26]. .....	16
Figura 2.15 - Empilhador Stacker [27]. .....	16
Figura 2.16 - Empilhador Reach Truck [27]. .....	17
Figura 2.17 - Empilhador Very Narrow Aisle (VNA) [27]. .....	17
Figura 2.18 - Bateria Selada (Gel) [28]. .....	19
Figura 2.19 - Bateria de Ião de Lítio [29]. .....	20
Figura 2.20 - Bateria de Chumbo-Ácido [28]. .....	20
Figura 3.1 - Fotos do laboratório de oficinas mecânicas: a) corredor principal 1,5 m de largura; b) zona para manobras, próximo a rampa de subida; c) zona para manobras, próximo a máquina de corte de chapas; d) corredor entre máquinas-ferramentas; e) corredor entre escritório e laboratório; f) corredor entre máquinas ferramentas. ....	25
Figura 3.2 - AGV Tribot 5000: a) vista frontal/lateral; b) vista traseira. ....	26
Figura 3.3 - Zona de entrega e armazenamento de vidro bruto. ....	30
Figura 3.4 - Máquinas de Corte do Vidro e Máquina de Tratamento do Vidro. ....	31
Figura 3.5 - Célula robótica para recolha do vidro cortado. ....	31
Figura 3.6 - Rack de Vidro (projeto não definitivo). ....	32
Figura 3.7 – Planta entre Tratamento de Vidro e Montagem de Cabines. ....	33

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Académico e Industrial*

Figura 3.8 - <i>Rack</i> para deslocamento dos perfis: a) traseira; b) lateral. ....	34
Figura 3.9 - Planta da fábrica com a movimentação do PA e Acessórios.....	35
Figura 3.10 - Palete para movimentação: a) palete de produto acabado com filme aplicado; b) palete de acessórios com filme aplicado.....	35
Figura 3.11 – Fluxo de processos dos produtos acabados e acessórios. ....	36
Figura 3.12 - Zonas onde serão executadas as Fases 01 e Fase 02.....	37
Figura 3.13 - Movimentação entre os setores de Tratamento de Vidro e Montagem de Cabines.....	38
Figura 3.14 - Movimentação entre os setores de Corte e Maquinagem de Perfis e Montagem de Cabines.....	39
Figura 3.15 - Movimentação entre os setores de Montagem de Cabines/Montagem de Acessórios e Expedição.....	40
Figura 3.16 - Movimentações internas no setor de Corte de Vidro.....	41
Figura 3.17 - Movimentações internas no setor de Tratamento de Vidro. ....	42
Figura 3.18 - Movimentação entre os setores de Corte de Vidro e Tratamento de Vidro. ....	42
Figura 4.1 - Rota aprovada para o AGV nas Oficinas Mecânicas do ISEC.....	48
Figura 4.2 - Partes importantes, imagem do manual para Tribot 5000. ....	49
Figura 4.3 - Comando manual, imagem do manual para Tribot 5000.....	50
Figura 4.4 - Consola SIGAT-Slam, imagem do manual para Tribot 5000.....	50
Figura 4.5 - Parâmetros do programa, imagem do manual para Tribot 5000.....	51

## ÍNDICE TABELAS

Tabela 2.1 - Comparação entre diferentes tecnologias de baterias.....	21
Tabela 3.1 - Resumo das Características do AGV.....	27
Tabela 3.2 – Tipo, cargas e distâncias de movimentação Fase 01.....	44
Tabela 3.3 – Tipo, cargas e distâncias de movimentação Fase 02.....	44
Tabela 3.4 - Tempos de movimentação projetados na Fase 01.....	45
Tabela 3.5 - Tempos de movimentação projetados na Fase 02.....	45
Tabela 4.1 - Comparação técnica entre os equipamentos orçados.....	54
Tabela 4.2 - Comparação técnica entre os equipamentos orçados.....	55

## **LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS**

AGV	<i>Automated Guided Vehicles</i> (Veículos Guiados Automatizados)
AMR	<i>Autonomous Mobile Robot</i> (Robô Móvel Autônomo)
CNC	<i>Computer Numeric Control</i> (Controlo Numérico Computorizado)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
IA	Inteligência Artificial
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i> (Detecção e Medição de Luz)
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> (Controlador Lógico Programável)
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> (Identificação por Rádio Frequência)
RGB-D	<i>Red Green Blue-Depth</i> (Vermelho Verde Azul-Profundidade)
SLAM	<i>Simultaneous Localization and Mapping</i> (Localização e Mapeamento Simultâneos)
WIP	<i>Work In Progress</i> (Trabalho em Progresso)

## LISTAS DE SÍMBOLOS

### Alfabeto latino

<i>A</i>	Ampere
<i>Ab</i>	Ampere hora
GHz	Gigahertz
<i>h</i>	Hora
<i>kg</i>	Quilograma
<i>kW</i>	Quilowatt
m	Metro
<i>m/s</i>	Metro por segundo
<i>mm</i>	Milímetro
<i>V</i>	Volt
<i>Wh</i>	Watt-hora

## **1 INTRODUÇÃO**

Os avanços tecnológicos são um dos motores que induzem a modernização dos processos de trabalho, propiciando o aumento na produtividade e eficiência. Neste contexto de contínua evolução, emerge o conceito de Indústria 4.0, representando uma nova era de produção industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais, tais como os sistemas ciber físicos e a *Internet of Things* (IoT) [1]. Este novo paradigma da indústria, que iniciou na Alemanha em 2011, tem como objetivo criar fábricas mais inteligentes, onde os processos são cada vez mais interligados e capazes de agir de forma autónoma [2]. Dentro desse contexto, a automação logística através de *Automated Guided Vehicles* (AGV) e *Autonomous Mobile Robots* (AMR) surge como uma solução promissora para otimizar a movimentação de materiais, bem como reduzir custos operacionais e aumentar a segurança no ambiente de trabalho [3].

Este relatório apresenta o projeto de implementação e especificação de sistemas robóticos para a movimentação de cargas, com foco nas tecnologias de AGVs e AMRs. O projeto objeto deste documento decorre em dois ambientes de natureza diferente, porém em paralelo, onde um esteve sempre a influenciar o outro, sendo estes o ambiente académico e o industrial.

No âmbito académico, a proposta do projeto foi a aplicação de um AGV num percurso a definir no laboratório de oficinas mecânicas do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC).

No âmbito industrial, a proposta foi analisar possíveis soluções de robôs para a movimentação de carga no mercado português, adequando-as às necessidades e requisitos da nova fábrica em processo de instalação da Sanitana.

Estando as propostas de atividades deste projeto em fases diferentes e também com objetivos finais diferenciados, este trabalho possibilitou uma visão ampla dos diferentes estágios para a aquisição e operação de robôs móveis.

No ISEC, devido já existir a definição do equipamento, AGV TriBOT 5000, e a disponibilização de material para a instalação, as atividades se focaram no estudo e posterior execução das possíveis rotas dentro do laboratório, tendo em foco a segurança da operação e a otimização dos materiais.

Na Sanitana, as atividades se concentraram na caracterização do equipamento desejado e dos processos de movimentação de carga, de forma a criar uma base de conhecimento que os potenciais fornecedores poderiam utilizar para propor suas soluções.

## **1.1 Motivação para a Realização do Projeto**

A introdução de sistemas robóticos móveis, como os AGVs e os AMRs, nos mais diversos setores de atividade está em ascensão, impulsionada pela redução nos custos dos equipamentos [3]. Nos ambientes acadêmicos, a implementação destes sistemas oferece uma plataforma de aprendizagem prática, preparando os alunos para o mercado de trabalho. No contexto industrial a robótica móvel tem potencial para conceber processos mais cadenciados e eficientes, proporcionando uma redução de custos a nível de mão de obra e taxa de retrabalho. Este relatório pretende contribuir para a literatura existente sobre o estudo, aplicação e utilização dos AGVs e os AMRs.

## **1.2 Estrutura do Relatório**

O relatório está organizado em cinco capítulos principais. No primeiro capítulo é feita uma introdução, onde se apresenta o contexto bem como a justificação do estudo. O segundo capítulo, consiste no estado da arte, onde se apresenta uma revisão sobre a robótica móvel, abordando a evolução histórica dos dois diferentes tipos de sistemas robóticos móveis, os AGVs e os AMRs, onde se apresentam as suas principais características e as tecnologias associadas. O terceiro capítulo, foca-se nas atividades realizadas durante o desenvolvimento do projeto, neste capítulo são descritas as diferentes abordagens realizadas quer em ambiente académico do ISEC, quer em ambiente industrial da Sanitana. O quarto capítulo apresenta as entregas realizadas ao longo do projeto. No último capítulo, são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros. Adicionalmente, este relatório inclui apêndices com importantes documentos desenvolvidos durante os trabalhos e um anexo para a consulta dos dados técnicos do AGV Tribot 5000.

## **2 ESTADO DA ARTE**

### **2.1 Robótica e seu contexto histórico**

Os mecanismos automáticos, ou mecanismos autônomos que executam ordens recebidas de humanos, não são uma invenção recente. Leonardo da Vinci, através dos seus estudos sobre a anatomia humana, desenvolveu sistemas mecânicos antropomorfizados capazes de movimentar os braços e a cabeça [4]. Outro pioneiro que contribuiu para o conceito atual dos sistemas robóticos foi Nikola Tesla, com a sua visão de máquinas que possuíam algum nível de inteligência [5].

A palavra robô deriva de "robota", uma palavra eslava que significa "trabalho forçado", e foi utilizada pela primeira vez em 1921 pelo dramaturgo Karel Čapek na sua peça "Os Robôs Universais de Rossum" (R.U.R.) [3]. Em 1942, Isaac Asimov, escritor de ficção científica, popularizou ainda mais o conceito de robôs com as suas obras, introduzindo as famosas "Três Leis da Robótica", que delineiam as regras éticas que os robôs devem seguir nas suas interações com os humanos. Estas leis, embora inicialmente concebidas como elementos de ficção, trouxeram reflexões importantes sobre a relação entre humanos e máquinas [3].

O desenvolvimento da robótica teve um grande impulso com os avanços tecnológicos da Terceira Revolução Industrial. A invenção do computador e o subsequente aperfeiçoamento das tecnologias de automação industrial permitiram a criação dos primeiros robôs industriais, como o Unimate em 1961, desenvolvido por George Devol [1]. Estes robôs foram utilizados para automatizar tarefas repetitivas nas fábricas, contribuindo para aumentar a eficiência na produção em série.

Com o avanço da microeletrônica e da tecnologia de microprocessadores, os robôs tornaram-se cada vez mais pequenos, acessíveis e versáteis, possibilitando a sua utilização em diversos setores, como o militar, a produção industrial, a investigação científica e o lazer [6]. Atualmente, a robótica é uma área multidisciplinar em constante crescimento, que envolve conhecimentos de engenharia mecânica, elétrica, tecnologia da informação e automação industrial [3].

### **2.2 Indústria 4.0**

A história da humanidade é marcada por revoluções que impactaram de forma significativa a sociedade e a economia. Desde a Primeira Revolução Industrial no século XVIII até aos mais recentes avanços tecnológicos do século XXI, cada era revolucionária apresenta mudanças profundas e impactantes, incluindo a introdução das máquinas a vapor, da eletricidade e da automação baseada em tecnologia da informação [2]. Na era atual, vivemos a Quarta Revolução Industrial, caracterizada pela utilização de tecnologias avançadas, ampla adoção de robôs e

pela transformação digital. Esta revolução representa uma mudança significativa na maneira como as fábricas operam, prometendo grandes benefícios, mas também enfrentando desafios complexos [7].

Um dos elementos centrais da Quarta Revolução Industrial é Indústria 4.0, um conceito apresentado pela primeira vez na Feira de Hannover em 2011, na Alemanha. Patrocinado pelo governo alemão, em colaboração com empresas de tecnologia, universidades e centros de investigação, este conceito de Indústria 4.0 propõe uma nova era de produção descentralizada e interligada, impulsionada pela digitalização e pela integração de sistemas ciber físicos [1]. Esta mudança de paradigma está a redefinir a maneira como as fábricas operam, criando um ambiente de produção inteligente e adaptativo [7].

### 2.3 Logística 4.0

O desenvolvimento da logística tem estado profundamente interligado com a progressão das revoluções industriais. Inicialmente vista como uma função de suporte, a logística emergiu gradualmente como uma área estratégica e funcional dentro das empresas, abrangendo atividades de transporte, gestão de produtos armazenados, processamento de pedidos, movimentação de materiais, embalagem e gestão da cadeia de abastecimento. Os principais objetivos da logística são agilizar as operações e minimizar custos, satisfazendo as expectativas dos clientes e aumentando a eficiência global da cadeia de abastecimento [8].

Contudo, com os avanços tecnológicos promovidos pela Indústria 4.0, a logística entrou numa nova era, a chamada Logística 4.0, que promete operações logísticas mais inteligentes, adaptáveis e eficientes através da utilização de tecnologias como inteligência artificial (IA), IoT, *Radio Frequency Identification* (RFID) e sistemas de nuvem baseados no *Global Positioning System* (GPS). Estas tecnologias permitem que as partes interessadas tenham visibilidade em tempo real da movimentação de mercadorias, possibilitando tomadas de decisões proativas e a otimização das operações da cadeia de abastecimento. Esta visibilidade aprimorada leva à redução de perdas de ativos, redução de custos de combustível por meio de rotas otimizadas, controlo estável de temperatura para produtos perecíveis, gestão eficiente de produtos em armazém, perceção sobre o comportamento do consumidor e melhorias na eficiência da frota. Através da integração de sistemas, os processos logísticos podem ser transformados em sistemas autónomos, conectados e flexíveis [9].

Apesar dos benefícios, a Logística 4.0 também apresenta desafios significativos. A implementação requer investimentos substanciais no desenvolvimento e aperfeiçoamento de ferramentas e sistemas, bem como na garantia da segurança e integridade dos dados. Além disso, a transição para processos logísticos autónomos exige uma mudança fundamental na mentalidade e na cultura organizacional. As empresas devem adaptar-se a novas formas de trabalhar e abraçar os avanços

tecnológicos para permanecerem competitivas num cenário cada vez mais digitalizado [10].

A Logística 4.0 representa uma mudança de paradigma na forma como os processos logísticos são hierarquizados e executados [9].

## **2.4 Evolução da Robótica Móvel**

Desde o surgimento dos AGV, a robótica móvel tem passado por evoluções significativas, com uma jornada repleta de ícones históricos que culminam na atual era da robótica autônoma. O primeiro AGV do qual se tem conhecimento foi produzido pela Barret Electronics em 1953 [11], revolucionando a logística e o transporte de materiais em ambientes industriais. Ao longo das décadas seguintes, os AGVs foram progressivamente adotados em diversos setores industriais, sendo tipicamente utilizados em fábricas de médio a grande porte [12]. Com o tempo, esses sistemas tornaram-se cada vez mais fiáveis, impulsionando a eficiência e a segurança nas operações de fabricação.

No entanto, a verdadeira transformação na robótica móvel ocorreu com os avanços na tecnologia de IA e programação de robôs. A introdução em 1972 do Shakey (Figura 2.3), o primeiro robô móvel autônomo [13], marcou o início de uma nova era na robótica, onde os robôs não estavam mais restritos a guias físicos para navegação. Posteriormente, avanços significativos em tecnologias de navegação e localização, como o *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM) [13], revolucionaram a forma como os robôs percebem e interagem com o ambiente ao seu redor, permitindo a construção de mapas precisos e a identificação de obstáculos em tempo real. Além disso, a integração de sensores, como câmeras e *Light Detection and Ranging* (LiDAR), proporcionou aos robôs uma compreensão detalhada de sua localização e orientação dentro do ambiente onde operam [13].

Essas tecnologias abriram caminho para uma popularização dos AMR, expandindo ainda mais as capacidades da robótica móvel, especialmente em contextos como as indústrias, hospitais e restaurantes, potencializando a logística interna. Os sistemas AMRs são capazes de navegar e realizar tarefas complexas de forma autônoma, com pouca ou nenhuma necessidade de infraestrutura adicional para sua navegação ou definição prévia de rotas, podendo ser utilizados em ambientes dinâmicos, porque interagem de forma segura com pessoas e outros robôs [11].

À medida que a robótica móvel avança, novos desafios, oportunidades e aplicações surgem. A otimização de frotas de AGVs e AMRs tornou-se fundamental para o sucesso das empresas, exigindo abordagens inovadoras para a gestão de missões, controle e integração de sistemas robóticos em ambientes complexos [11].

### 2.4.1 Comparação ente AGVs e AMRs

Embora os AGVs e os AMRs partilhem algumas características físicas e funcionais, a principal diferença reside na forma de navegação e adaptação ao ambiente. Enquanto os AGVs dependem de infraestruturas físicas fixas, os AMRs utilizam sensores avançados e algoritmos de percepção para navegar de maneira autónoma e flexível em ambientes dinâmicos. Esta diferença torna os AMRs mais adequados para ambientes onde a flexibilidade e a adaptação a mudanças são cruciais, enquanto os AGVs são preferidos em ambientes estruturados e previsíveis [14].

### 2.4.2 História e Evolução dos AGVs

Os AGVs têm uma história rica e variada, marcada por inovações que impulsionaram a sua evolução. A seguir são apresentados alguns AGVs que marcaram a sua época, evidenciando a diversidade de tarefas a que estão dedicados e as diferentes formas de movimentar as cargas e desempenhar as tarefas atribuídas.

- 1953: Guide-O-Matic (EUA) – Lançado pela Barrett Electronics, o Guide-O-Matic é considerado o primeiro AGV. Este trator rebocador, guiado por um fio, foi pioneiro na automatização da logística interna em fábricas [11], apresentado na Figura 2.1.

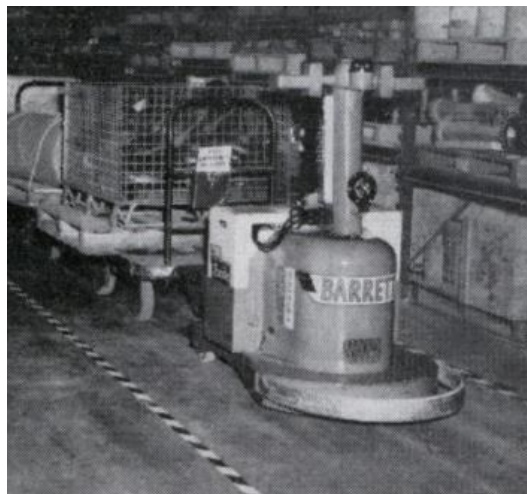


Figura 2.1 - 1953: Guide-O-Matic (EUA) [15].

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Acadêmico e Industrial*

- 1960: AGV Stanford Cart (EUA) – Desenvolvido na Universidade de Stanford por Victor Scheinman e Charles Rosen, o Stanford Cart foi um marco na robótica móvel, destinado a tarefas de transporte em ambientes industriais e laboratoriais [16], apresentado na Figura 2.2.

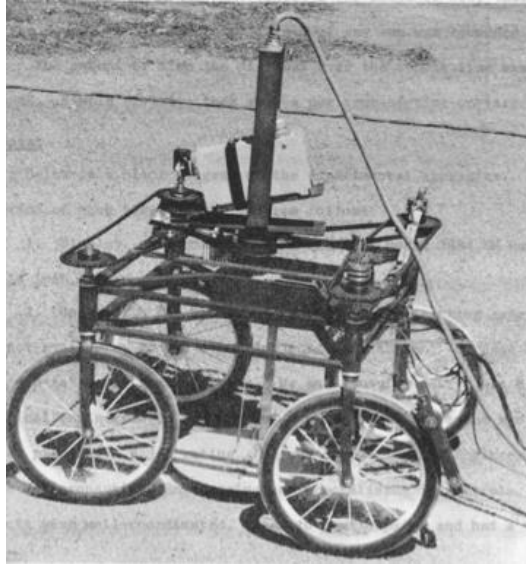


Figura 2.2 - 1960: AGV Stanford Cart (EUA) [16].

- 1972: Shakey (EUA) – Desenvolvido pelo SRI International, Shakey foi um dos primeiros robôs móveis autônomos, capaz de perceber o ambiente e tomar decisões com base nessas percepções [17], apresentado na Figura 2.3.



Figura 2.3 - 1972: Shakey (EUA) [17].

- 1973: Volvo (Kalmar, Suécia) – Na fábrica de Kalmar, a Volvo implementou 186 AGVs, revolucionando a produção automóvel com uma das primeiras grandes integrações de AGVs numa linha de produção [14], como se pode observar na Figura 2.4.



Figura 2.4 - 1973: Volvo (Kalmar, Suécia) [11].

- 1985: Uranus (Primeiro AGV com Rodas Mecanum) – Uranus foi o primeiro AGV a usar rodas Mecanum, permitindo movimentos omnidirecionais, aumentando a flexibilidade e a manobrabilidade em espaços confinados [11], apresentado na Figura 2.5.



Figura 2.5 - 1985: Uranus (Primeiro AGV com Rodas Mecanum) [11].

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Acadêmico e Industrial*

- 1991: AGV Guiado por Laser (Singapura) – Introduzido pela Tetra Pak, o primeiro AGV guiado por laser utilizava esta tecnologia para navegação precisa, eliminando a necessidade de guias físicas e permitindo maior flexibilidade [11], apresentado na Figura 2.6.



Figura 2.6 - 1991: AGV Guiado por Laser (Singapura) [11].

- 2012: Kiva (EUA) – Desenvolvido pela Kiva Systems (agora Amazon Robotics), os robôs Kiva revolucionaram a automatização de armazéns, movendo prateleiras inteiras até os operadores, aumentando a eficiência no processamento de pedidos [11], como se observa na Figura 2.7.



Figura 2.7 - 2012: Kiva (EUA) [11].

- 2015: AMR Locus Robotics (EUA) – Desenvolvido pela Locus Robotics, este AMR é utilizado para aumentar a produtividade em operações de e-commerce e centros de distribuição, realizando tarefas de *picking* e transporte de forma eficiente [18], apresentado na Figura 2.8.



Figura 2.8 - 2015: AMR Locus Robotics (EUA) [18].

- 2018: Gaussin AGV (França) – Desenvolvido pela Gaussin, este AGV foi projetado para o transporte de contentores marítimos, equipado com tecnologia avançada de navegação e detecção, operando em portos e terminais de carga [19], apresentado na Figura 2.9.



Figura 2.9 - 2018: Gaussin AGV [11].

## 2.5 Caracterização dos AGVs

Os AGVs representam uma tecnologia consolidada no campo da robótica e automação industrial, caracterizando-se pela capacidade de seguir rotas pré-determinadas para transportar materiais ou realizar outras tarefas logísticas. Estes veículos são amplamente utilizados em ambientes industriais e de armazéns, onde a movimentação precisa e controlada é essencial [14].

A operação baseia-se em infraestruturas físicas que guiam os seus movimentos, como fitas magnéticas, trilhos, marcadores ou cabos embutidos no piso. Esta dependência de infraestruturas fixas garante um desempenho fiável e repetível em ambientes estruturados, mas limita a flexibilidade e adaptação a mudanças

imprevistas no ambiente. No entanto, com os avanços das tecnologias tais como o LiDAR e subsequente barateamento, sistemas não dependentes de guias físicas têm sido cada vez mais frequentes. O facto de um robô não utilizar uma guia física não o torna um AMR, visto que ainda pode necessitar de um caminho predefinido para se movimentar [20].

### **2.5.1 Componentes Fundamentais**

Os AGVs são sistemas integrados que combinam hardware e software para realizar as suas funções de transporte e movimentação automatizada. Os principais componentes incluem:

- Sistema Estrutural: Estrutura metálica, também chamada de chassis, que suporta todos os demais mecanismos, influenciando a forma como será transportada a carga e a sua capacidade [20].
- Sensores: Utilizados principalmente para navegação e segurança. Sensores como leitores de fitas magnéticas, câmaras de visão simples, sensores ultrassónicos e detetores de proximidade permitem ao veículo seguir as rotas pré-definidas e detetar obstáculos no seu caminho [21].
- Sistemas de Navegação: Baseados em infraestruturas físicas, utilizam sensores para seguir trilhos, fitas magnéticas ou outros guias instalados no ambiente, assegurando uma navegação precisa, mas menos adaptável a mudanças rápidas no *layout* do local de trabalho [15].
- Controladores e Software de Gestão: Os controladores de bordo processam os sinais dos sensores e executam as rotas pré-programadas. O software de gestão central coordena múltiplos AGVs, otimizando rotas e a distribuição de tarefas para garantir a eficiência do sistema [14].
- Sistemas de Segurança Ativos: Incluem sensores de proximidade e lasers de segurança como a tecnologia LiDAR. Estes tipos de sistemas são cruciais para garantir a operação segura dos AGVs [12].
- Sistemas de Segurança Passivos: Incluem sirenes de alerta, botões de paragem de emergência, chaves seletoras liga/desliga, luzes de alerta, entre outros [21].
- Sistema Motriz: Responsável pela movimentação do AGV, composto por motores elétricos e sistemas de rodas que permitem ao AGV mover-se de forma precisa e controlada ao longo das rotas estabelecidas. Inclui caixas de redução, eixos de transmissão, *encoders* para se poder obter a velocidade do robô, e travões eletromagnéticos para imobilizar o AGV quando este está parado [12].
- Sistema de Direção: Responsável por manter ou mudar a direção enquanto se desloca [15].

- Sistema Elétrico: Inclui todos os componentes que compõem o sistema de potência, controlo e segurança [14].
- Sistema de Guia: Sensores responsáveis por ler as guias e as próprias guias [21].
- Sistema de Controlo: *Programmable Logic Controller* (PLC) central do AGV, responsável por tomar decisões com base nas etiquetas RFID e determinar a velocidade [21].
- Sistema de Comunicação: Composto pelos equipamentos através dos quais o AGV transmite e recebe informações [12].
- Sistema de Alimentação: Composto pela bateria e carregador. O carregamento das baterias pode ser manual ou automático, com ou sem contacto [14].
- Sistema para Implementar a Carga: Sistema pelo qual a carga será aplicada ao AGV, que pode ser por reboque, mesa fixa, mesa elevatória ou garfos [12].

## 2.6 Caracterização dos AMRs

Os AMRs partilham muitas semelhanças físicas e funcionais com os AGVs, no entanto, a principal e mais importante diferença reside no método de localização e navegação. Enquanto os AGVs dependem de infraestruturas físicas ou mapeamento prévio, os AMRs percebem o ambiente em tempo real para tomar decisões de navegação [14]. Isto é possível devido a esses robôs estarem equipados com sistemas avançados de perceção e tomada de decisão que lhes permitem adaptar-se e reagir a mudanças em tempo real [12].

Os AMRs representam um avanço significativo no campo da robótica e automação, caracterizando-se pela capacidade de operar de forma autónoma em ambientes dinâmicos. A autonomia dos AMRs é alcançada através da integração de múltiplas tecnologias, tais como a integração de IA, *machine learning*, sensores e algoritmos de navegação, essa autonomia refere-se à capacidade que estes robôs têm de realizar tarefas sem necessidade de intervenção humana. Isto inclui a habilidade de navegar, evitar obstáculos, replanear rotas e adaptar-se a mudanças no ambiente [15].

### **2.6.1 Componentes Fundamentais**

Os AMRs são sistemas integrados que combinam hardware e software para alcançar a autonomia. Os principais componentes incluem:

- Sensores – A base da percepção ambiental dos AMRs. Sensores tais como o LiDAR, as câmaras RGB-D (*Red, Green, Blue-Depth*) e os sensores ultrassônicos fornecem dados cruciais sobre a envolvimento do robô [15].
- Algoritmos de Percepção e Navegação (SLAM) – Utilizam os dados dos sensores para mapear o ambiente e localizar o robô dentro do mapa. Algoritmos de SLAM permitem que o robô crie e atualize o mapa do ambiente enquanto estima a sua própria posição [14].
- Módulos de Tomada de Decisão e Controlo – Baseados em IA e *machine learning*, estes módulos processam os dados sensoriais e implementam a navegação e a interação com o ambiente. Decidem a melhor rota, evitam obstáculos e adaptam o comportamento do robô em resposta a novos dados e eventos imprevistos [12].
- Atuadores e Sistemas de Locomoção – Incluem motores, rodas, lagartas ou pernas que permitem ao robô mover-se de maneira controlada. A precisão e a eficiência dos atuadores são essenciais para a execução das tarefas planeadas pelo sistema de controlo [15].

## **2.7 Classificação quanto à geometria do robô.**

Os AGVs e AMRs podem ser construídos de diferentes formas para atender a um propósito específico ou executar diversas funções. Desta forma, existem diferentes geometrias de robôs móveis que podem ser divididas em três grupos principais: plataforma, rebocador e empilhador. A seguir cada grupo será subdividido para uma especificação mais detalhada da sua geometria e funcionalidade.

### **2.7.1 Robô Plataforma**

Os robôs plataforma são amplamente utilizados em ambientes industriais e comerciais devido à sua versatilidade e eficiência. Podem ser classificados em três subcategorias:

- Plataforma com Mesa Fixa – Este sistema é o mais simples, consistindo num tabuleiro com rodas que se move automaticamente. É amplamente utilizado em linhas de montagem de componentes, ou na entrega de medicamentos em hospitais e também na entrega em restaurantes [22].

- Plataforma com Mesa Elevatória – Neste sistema, é adicionado um mecanismo para elevar a mesa ou plataforma onde a carga é colocada, conforme é representado na Figura 2.10. Este recurso permite ao robô recolher a carga em docas especialmente concebidas. É comum em armazéns para movimentação de paletes e prateleiras [22].

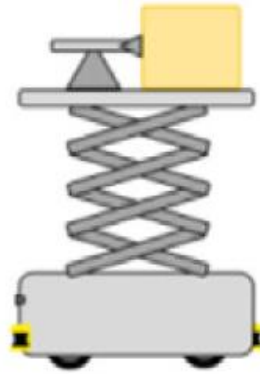


Figura 2.10 - Plataforma com Mesa Elevatória [23].

- Plataforma com Esteira – Equipado com uma esteira que pode ser elevada ou inclinada, este tipo de robô é utilizado para coletar produtos ou alimentar linhas de montagem (Figura 2.11). É frequentemente utilizado para movimentar peças em linhas de produção ou em armazéns [15].

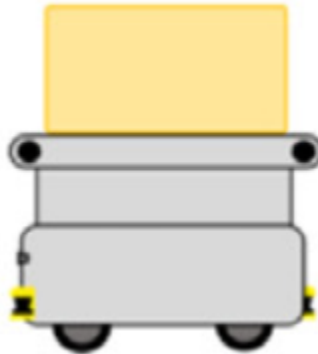


Figura 2.11 - Plataforma com Esteira [23].

### **2.7.2 Robô Rebocador**

Os robôs rebocadores são projetados para transportar cargas pesadas, utilizando-se de uma base rebocadora. Dividem-se em:

- **Rebocador Híbrido Manual/Automático** – Este tipo de robô utiliza uma base de rebocador existente, permitindo tanto operação manual quanto automática (ver Figura 2.12). Devido às necessidades ergonômicas da operação humana, esses equipamentos são geralmente maiores para cargas semelhantes quando comparados aos rebocadores totalmente automáticos. São usados para movimentar cargas pesadas ou vários carros numa linha de produção [24].



Figura 2.12 - Rebocador Híbrido Manual/Automático [25].

- **Rebocador Automático** - Realiza tarefas semelhantes às do rebocador híbrido, porém com dimensões reduzidas para as mesmas cargas. É geralmente utilizado nas mesmas condições que o rebocador híbrido [14], ver Figura 2.13.

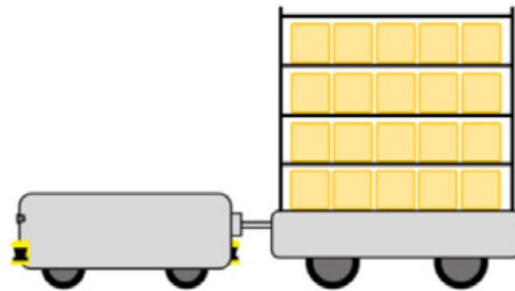


Figura 2.13 - Rebocador Automático [23].

### 2.7.3 Robô Empilhador

Os robôs empilhadores são robôs móveis projetados para movimentar e armazenar cargas em alturas variáveis. São classificados nas seguintes subcategorias:

- Empilhador Pallet Mover (representado na Figura 2.14) – Desenvolvido para movimentação horizontal de paletes dentro de armazéns ou centros de distribuição. A sua capacidade de carga varia entre 1.000 e 2.500 kg, focando-se principalmente na movimentação ao nível do solo. É amplamente utilizado em armazéns, linhas de produção e retalhistas [24].



Figura 2.14 - Empilhador Pallet Mover [26].

- Empilhador Stacker (representado na Figura 2.15) – Capaz de coletar e entregar cargas na ordem de 1.500 kg a alturas de até 4 metros. Possui uma base estabilizadora abaixo dos garfos de elevação, o que exige um espaço livre abaixo da carga para acesso dos garfos. É comumente utilizado em armazéns e retalhistas [24].



Figura 2.15 - Empilhador Stacker [27].

- Empilhador contrabalançado – Semelhante aos empilhadores convencionais, este robô pode fazer coletas e entregas a alturas de até 7 metros e tem uma capacidade de carga em torno de 3.000 kg. Dispensa a base estabilizadora devido ao contrapeso que garante estabilidade durante a elevação de cargas pesadas. É usado em armazéns e centros de distribuição com exigências de elevação intensiva [24].

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Acadêmico e Industrial*

- Empilhador Reach Truck (representado na Figura 2.16) – Especializado em alcançar grandes alturas em corredores estreitos, maximizando o espaço vertical em armazéns de alta densidade. Possui um mastro retrátil, permitindo alcançar prateleiras altas sem movimentação excessiva. Suporta cargas moderadas a elevadas (1.500 a 2.500 kg) e eleva até 12 metros de altura [24].



Figura 2.16 - Empilhador Reach Truck [27].

- Empilhador Very Narrow Aisle (VNA) – Projetado para operar em corredores extremamente estreitos, otimiza ao máximo a utilização do espaço no armazém. Este tipo de robô é essencial para armazenar grandes volumes de mercadorias em espaços confinados, permitindo uma organização eficiente. Possui uma capacidade de carga moderada a elevada (1.500 a 2.500 kg) e uma altura de elevação que pode superar os 15 metros. Geralmente, os VNAs são dedicados à armazenagem e não realizam tarefas fora deste ambiente [15], na Figura 2.17 está apresentado um modelo de Empilhador VNA.



Figura 2.17 - Empilhador Very Narrow Aisle (VNA) [27].

## 2.8 Configurações de Rodas para Robôs Móveis

Nos robôs móveis, uma característica fundamental é a configuração das rodas, cada uma com as suas vantagens e desvantagens, adaptando-se a diferentes necessidades e ambientes de operação. Conforme a disposição das rodas, o robô pode ser unidirecional, bidirecional ou omnidirecional - movendo-se em várias direções. A escolha da configuração mais adequada depende dos requisitos específicos da aplicação, como o tipo de navegação necessária, o espaço disponível e as condições do piso. A seguir, são descritas as principais configurações de rodas e as suas características.

### 2.8.1 Tração Direcional

A tração direcional (*steer drive*) é uma configuração em que uma ou mais rodas do robô são direcionáveis, proporcionando uma maior capacidade de manobra. Neste sistema, as rodas direcionáveis são combinadas com rodas de tração, permitindo ao robô realizar curvas suaves e navegar com precisão em ambientes complexos. Esta configuração é ideal para aplicações que exigem uma navegação precisa e flexível, como em armazéns com corredores estreitos ou áreas de produção com muitos obstáculos. A tração direcional destaca-se pela capacidade de alterar a direção de movimento sem necessidade de parar, permitindo movimentos mais fluidos e eficientes. Embora este sistema possa ser mais complexo e caro devido à necessidade de mecanismos adicionais para controlar a direção das rodas, oferece um desempenho excelente em termos de mobilidade e precisão [15].

### 2.8.2 Tração Omnidirecional

A tração omnidirecional (*omnidirectional drive*) utiliza rodas especiais, como as rodas Mecanum que permitem ao robô mover-se em qualquer direção sem a necessidade de mudar a orientação do chassi. Cada roda pode ser controlada independentemente, possibilitando movimentos laterais, diagonais, giros no lugar ou em qualquer outra direção desejada. Esta configuração oferece uma flexibilidade de movimento incomparável, sendo ideal para ambientes confinados e dinâmicos, onde a agilidade e a capacidade de resposta são cruciais. A tração omnidirecional proporciona movimentos suaves e precisos em todas as direções, embora possam ser mais complexas e caras em termos de concepção e manutenção [15].

### 2.8.3 Tração Diferencial

A tração diferencial (*differential drive*) é uma configuração comum em robôs móveis, onde duas rodas motrizes são montadas em cada lado do robô, e a direção do movimento é controlada variando a velocidade relativa das duas rodas. Este sistema é conhecido pela sua simplicidade e eficiência, sendo amplamente utilizado em aplicações onde a facilidade de controlo e robustez são prioritárias. Na tração

diferencial, o robô pode rodar sobre o seu próprio eixo, proporcionando uma excelente capacidade de manobra em espaços apertados. No entanto, este sistema pode ter limitações em termos de suavidade nas curvas e precisão em navegações mais complexas, comparado com os sistemas de tração direcional e omnidirecional. A tração diferencial é particularmente adequada para tarefas de navegação básica e aplicações onde o custo e a simplicidade de implementação são fatores críticos [15].

## **2.9 Tipo de baterias mais utilizados**

As baterias desempenham um papel fundamental nos robôs móveis, uma vez que a sua densidade de carga elétrica, isto é, a capacidade energética em relação ao volume e peso, determina o dimensionamento, capacidade de carga (massa) a ser transportada e tempo de atividade dos AGV ou AMR. Atualmente, as baterias mais comuns são as de íons de lítio, devido à sua elevada densidade de carga elétrica e reduzido volume [23], embora possam ser ainda muito caras em aplicações que não requeiram este tipo de tecnologia.

Existem várias categorias de baterias adequadas para AGVs e AMRs. Entre as principais tecnologias, destacam-se as baterias seladas ou de gel, de íons de lítio e de chumbo-ácido [15]. Abaixo, apresenta-se uma lista de todos os tipos de baterias mencionados, juntamente com as suas vantagens e desvantagens.

- **Baterias Seladas (Gel):** Apresentam uma boa capacidade de carga utilizável, aproximadamente 80% da carga da bateria pode ser usada antes de ser necessária uma recarga. Por serem seladas, não requerem manutenção e reduzem os riscos de vazamento. No entanto, são consideradas menos densas em termos de carga elétrica, volumosas e pesadas, além de requererem longos períodos de recarga [15], na Figura 2.18 está apresentado um modelo de Baterias Seladas ou de Gel.



Figura 2.18 - Bateria Selada (Gel) [28].

- Baterias de Iões de Lítio (representada na Figura 2.19): Apresentam uma elevada capacidade de carga elétrica, tamanho reduzido e peso, permitindo uma grande quantidade de energia. Podem ser recarregadas rapidamente, possibilitando microcargas (recarregamento em curtos intervalos de tempo) necessárias para certas tarefas. No entanto, são mais dispendiosas e requerem um sistema de gestão de recarga para garantir a sua segurança [15].



Figura 2.19 - Bateria de Ião de Lítio [29].

- Baterias de Chumbo-Ácido (representada na Figura 2.20): Apresentam um bom custo-benefício, dispensam manutenção e emitirem poucos gases. Contudo, são pesadas e menos eficientes em termos de capacidade de carga elétrica e vida útil quando comparadas às baterias de iões de lítio [15].



Figura 2.20 - Bateria de Chumbo-Ácido [28].

Na **Error! Reference source not found.** apresenta-se uma comparação entre os diferentes tipos de baterias referidos.

Tabela 2.1 - Comparação entre diferentes tecnologias de baterias.

Especificação	Bateria Selada	Bateria Chumbo-Ácido	Bateria de Íão de Lítio
Carregamento Rápido	Mau	Regular	Boa
Vida Útil	Regular	Regular	Boa
Emissão de Gases	Boa	Regular	Boa
Necessidade de Manutenção	Boa	Boa	Boa
Preço	Boa	Regular	Mau

## 2.10 Métodos para Carregar Baterias de Robôs Móveis

Para garantir a operação contínua dos AGVs e AMRs, é crucial assegurar a capacidade adequada das baterias e implementar um método de carregamento eficiente. A escolha mais adequada para carregar as baterias depende de vários fatores, incluindo a intensidade de utilização dos robôs, as condições operacionais e a disponibilidade de recursos financeiros. Implementar o método certo pode maximizar a eficiência e a autonomia dos AGVs e AMRs, garantindo um funcionamento contínuo e otimizado. Existem quatro principais métodos de carregamento, cada um com as suas vantagens e desvantagens, adaptando-se às necessidades específicas e ao orçamento disponível. Abaixo, há uma descrição de cada um destes métodos para carregamento de baterias.

### 2.10.1 Carregamento por Oportunidade

Neste método, o robô é carregado sempre que está à espera de uma nova tarefa, permitindo carregamentos parciais mesmo durante as horas de trabalho, o que elimina a necessidade de troca de baterias. O carregamento por oportunidade pode ser subdividido em:

- Carregamento em linha – A estação de carregamento é instalada dentro da rota de movimentação do robô, permitindo que microcargas possam ser realizadas durante a operação [15].
- Carregamento fora de linha – A estação de recarga está localizada fora da linha de trabalho do robô, exigindo que este se desloque até ao local de carregamento quando necessita de energia adicional [15].

### **2.10.2 Troca Manual das Baterias**

Neste método, o robô desloca-se até uma estação de troca de baterias, onde um operador realiza a substituição. Apesar de necessitar de mão de obra, esta abordagem permite que as baterias sejam utilizadas até ao nível mínimo de carga, aumentando a utilização do robô sem longas paragens para carregamento. No entanto, é necessário manter baterias sobressalentes para efetuar a troca [14].

### **2.10.3 Troca Automática de Baterias**

Este método é semelhante à troca manual, mas sem a necessidade de intervenção humana. Sistemas automatizados realizam a substituição das baterias conforme necessário, garantindo a continuidade da operação do robô. Esta abordagem elimina a necessidade de mão de obra, mas pode implicar um maior investimento inicial em equipamentos automatizados [12].

## **2.11 Leitores de Etiquetas RFID**

A tecnologia RFID permite a identificação e rastreamento automático de objetos através da comunicação sem contacto entre etiquetas e leitores de rádio frequência. As etiquetas RFID podem ser de três tipos principais: passivas, ativas e semipassivas.

- Etiquetas passivas – São as mais comuns, não possuem fonte de energia própria e são ativadas pela energia eletromagnética emitida pelo leitor, o que as torna leves e baratas, embora com alcance de leitura limitado [30].
- Etiquetas ativas – Possuem uma bateria interna, permitindo-lhes transmitir sinais de rádio por conta própria, resultando em maior alcance de leitura e capacidade para funcionalidades adicionais [30].
- Etiquetas semipassivas – Combinam características das passivas e ativas, utilizando uma bateria para alimentar os circuitos internos, mas dependendo da energia do leitor para comunicação [30].

Os leitores RFID, são dispositivos que emitem sinais de rádio para interrogar as etiquetas, captam o sinal de resposta das etiquetas, decodificam a informação e transmitem-na para um sistema de gestão de dados. Estes leitores podem ser fixos ou móveis, variando em termos de alcance, potência e frequência de operação. A eficácia do sistema RFID depende também da qualidade e design das antenas usadas tanto pelas etiquetas quanto pelos leitores. [30]

## **2.12 Tecnologia SLAM em Robótica Móvel**

A tecnologia SLAM é crucial na área de robótica móvel, porque permite que robôs e veículos autónomos naveguem e compreendam locais desconhecidos, construindo um mapa do ambiente enquanto determinam a sua própria localização dentro deste mapa em tempo real [14].

O processo de SLAM envolve a integração de diversos sensores, como: câmaras, o sonar, e o LiDAR. Estes tipos de sensores recolhem dados sobre o ambiente e o movimento do robô. Os algoritmos de SLAM processam estas informações para criar um mapa detalhado do ambiente e em simultâneo calcular a posição e orientação do robô [12].

A principal vantagem do SLAM é a capacidade de operar em ambientes dinâmicos e não estruturados, onde mapas pré-existentes não estão disponíveis ou são inadequados [15].

Desafios comuns na implementação do SLAM incluem a gestão de erros acumulativos (*drift*), a necessidade de processamento computacional intensivo e a capacidade de lidar com mudanças no ambiente. No entanto, avanços contínuos na computação e no desenvolvimento de algoritmos têm melhorado significativamente a precisão e a eficiência do SLAM [12].

### **3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

Nos subtópicos a seguir, serão expostas as condições iniciais deste projeto. Para facilitar a compreensão das atividades desenvolvidas nos dois ambientes deste estudo, estas serão apresentadas de forma isolada. Numa primeira fase, será analisada a parte acadêmica e, em seguida, apresenta-se o estudo da parte industrial. Apesar desta subdivisão, os trabalhos foram realizados simultaneamente, com uma forte interação entre ambos.

#### **3.1 Definição e Instalação de AGV em Ambiente Acadêmico**

No ISEC, realizaram-se reuniões com os professores orientadores para entender as exigências gerais para a implementação do robô, incluindo: modelo do robô, espaço a ser utilizado, tipo de navegação, condição do ambiente, objetivos do projeto e possíveis pontos de carregamento. Assim, nos tópicos seguintes, serão apresentadas as condições iniciais identificadas para a execução do estudo de rotas do AGV TriBOT 5000.

##### **3.1.1 Situação Atual do Laboratório de Oficinas Mecânicas**

O AGV foi instalado no laboratório de oficinas mecânicas, que possui um piso de taco em bom estado de conservação, sem grandes ondulações, peças em falta ou qualquer outra característica que impeça a sua utilização. No entanto, foi recomendado desengordurar o piso para fixar a banda magnética que serve de guia para o AGV.

A largura do corredor principal é de 1,5 metros, havendo corredores de menores dimensões que não foram considerados zonas de interesse para a movimentação do robô, uma vez que este é unidirecional e tais corredores não permitem o retorno do robô.

O laboratório possui uma boa infraestrutura elétrica, sendo possível ter um ponto de energia (tomada 230V) em qualquer local, necessitando de poucas adaptações.

Na Figura 3.1, são verificadas as condições iniciais do laboratório de oficinas mecânicas.

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Académico e Industrial*



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 3.1 - Fotos do laboratório de oficinas mecânicas: a) corredor principal 1,5 m de largura; b) zona para manobras, próximo a rampa de subida; c) zona para manobras, próximo a máquina de corte de chapas; d) corredor entre máquinas-ferramentas; e) corredor entre escritório e laboratório; f) corredor entre máquinas ferramentas.

### 3.1.2 Características do AGV Adquirido

O ISEC adquiriu um AGV rebocador de uso interno, modelo TriBOT 5000, fabricado pela ABB/ASTI. Este robô é unidirecional e guiado através de banda magnética. Além de todos os sensores de segurança necessários, o robô possui uma antena RFID para leitura de etiquetas e um comando manual para sua operação.

A Figura 3.2 apresenta o equipamento no laboratório de oficinas mecânicas.



a)



b)

Figura 3.2 - AGV Tribot 5000: a) vista frontal/lateral; b) vista traseira.

A Tabela 3.1 apresenta uma lista com as principais características do equipamento. A ficha técnica do robô, fornecida pelo fabricante, está disponível no Anexo 1.

Tabela 3.1 - Resumo das Características do AGV.

Característica	Especificação
Modelo	TriBOT 5000
Fabricante	ABB/ASTI
Dimensões (L x P x A)	1221 x 695 x 765 mm
Capacidade de Carga	Até 5000 kg
Movimentação	Unidirecional
Velocidade	0,035 a 2 m/s
Precisão de Posicionamento	10 mm
Inclinações Superadas	Até 2%
Sistema de Gestão de Frotas	SIGAT MultiAGV
Sistema de Navegação	Banda Magnética e Etiquetas RFID
Bateria	Ião de Lítio 24V 120Ah
Carregador	5,8 kW, 6-33 V, 200 A

### **3.1.3 Sistema de Guia Utilizado**

O Tribot 5000 é guiado através de banda magnética. Para essa primeira fase de instalação, foram adquiridos 50 metros.

### **3.1.4 Etiquetas RFID**

Foram adquiridas 10 etiquetas RFID (*tags RFID*) que serão utilizadas para comandar o AGV. Através da leitura dessas etiquetas, o robô identificará sua posição no programa e executará a próxima ordem solicitada. De acordo com a numeração da etiqueta e o comando inserido via SIGAT, o AGV poderá: parar, virar à esquerda ou direita, acelerar ou desacelerar até uma velocidade determinada.

### **3.1.5 Limitações aos Estudos de Rotas**

Para a construção do roteiro do AGV, foram identificadas algumas limitações em relação ao que se pretendia inicialmente:

- **Espaço Físico:** A disponibilidade de espaço físico para a operação do AGV foi o primeiro fator limitante. O equipamento tem dimensões consideráveis para o local onde foi instalado, devido a este normalmente ser destinado a utilizações industriais. Alguns corredores não puderam ser utilizados devido à insuficiência de largura ou à falta de espaço para retorno, fator essencial porque o equipamento é unidirecional.
- **Quantidade de Banda Magnética:** Na altura da implementação do AGV no ISEC, apenas 50 metros de banda magnética estavam disponíveis.
- **Quantidade de Etiquetas RFID:** Número limitado de etiquetas RFID à disposição.
- **Raio de Curvatura Mínimo:** Para realizar as curvas, a ficha técnica do equipamento indica um raio de curvatura mínimo de 1150 mm com atrelado. Como não havia disponibilidade ou previsão de curto prazo para aquisição ou desenvolvimento de um atrelado, foi utilizado um raio de curvatura de 1000 mm.
- **Afastamento Lateral:** Durante o planeamento e execução do roteiro, identificou-se a necessidade de o AGV ter um afastamento lateral de 750 mm entre o centro da banda magnética e qualquer parede ou coluna. Distâncias menores impediam o avanço do robô devido aos sensores de deteção de obstáculos.

### **3.1.6 Estudos de Rotas**

Após a análise das características do robô adquirido, do espaço disponível e do material necessário para a execução dos roteiros, foi preciso criar hipóteses de rotas possíveis para avaliação da equipa. Ao longo dessa fase do projeto, foram necessários diversos ajustes nas rotas propostas, com o objetivo de otimizar a utilização de banda magnética, sempre considerando a necessidade de reservar cerca de 10% para futuros trabalhos ou testes em outros locais. No Capítulo 4, será apresentado o desenho da rota aprovada, o qual foi utilizado para a instalação das guias no laboratório de oficinas mecânicas.

## **3.2 Estudo de Sistema Robótico para a Sanitana**

Esta secção apresenta a situação atual da movimentação de cargas na empresa Sanitana, bem como indica todo os percursos onde se pretende implementar a utilização de sistemas robóticos para a movimentação das cargas.

Devido ao facto de a fábrica estar numa fase de implantação, ou seja, ainda não está validada a definição concreta de todos os processos de produção. Os processos apresentados no projeto decorrem do resultado das análises e reuniões com toda a equipa responsável pelos métodos e processos da empresa, de forma que seja possível entender a movimentação de cargas na fábrica quando esta estiver em operação plena.

Este novo edifício da fábrica da Sanitana será responsável por duas linhas de produtos dentro do Grupo ROCA, sendo estas:

- Fabricação e montagem de cabines para base de duche.
- Montagem e embalagem de acessórios de casas de banho.

Nos subtópicos a seguir são apresentadas as movimentações de materiais necessárias para satisfazer as linhas de produção.

### **3.2.1 Percurso do Vidro das Cabines para Base de Duche**

Para a produção de uma cabine para base de duche, são necessários diversos processos distintos, sendo a primeira etapa o processo de entrada e armazenamento do vidro. Os vidros são entregues com as medidas fixas de 3300x6000 mm e são armazenados até à sua utilização. Todos os vidros utilizados para cabines para base de duche têm uma espessura de 6 mm. A Figura 3.3 apresenta o *layout* da zona de entrega e armazenamento.

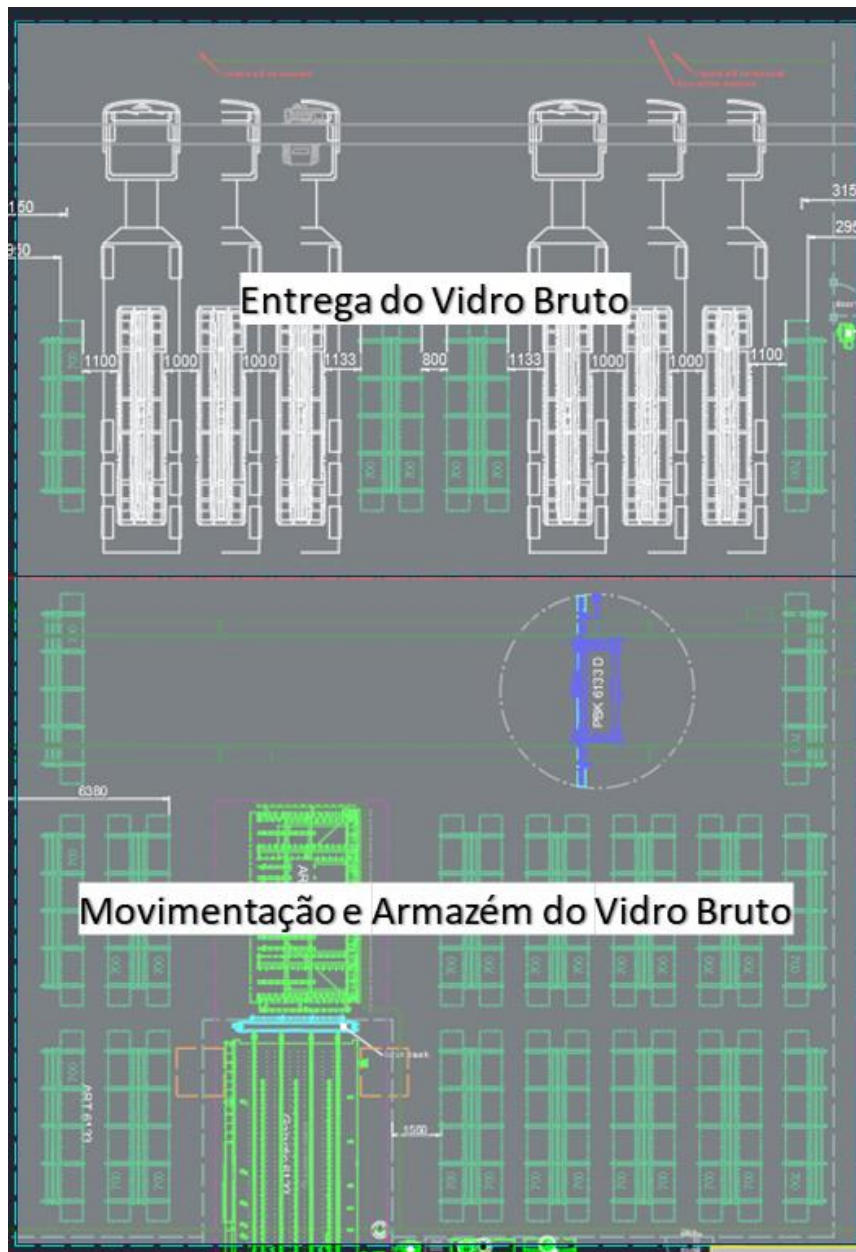


Figura 3.3 - Zona de entrega e armazenamento de vidro bruto.

Os vidros em bruto alimentam a linha de corte de vidro. Os *racks* de vidros são movimentados de forma automatizada através de pontes rolantes para uma célula robótica, que será responsável por remover as peças de vidros do *rack* e colocá-los na esteira de entrada da máquina de corte de vidro, apresentada na Figura 3.4.

Nesta máquina, haverá dois estágios distintos: no primeiro, o vidro será riscado de forma automática, em seguida, um sistema irá se posicionar abaixo da peça para realizar uma pequena elevação nos locais onde os riscos foram efetuados. Devido à fragilidade do vidro, ao seu peso e à fratura executada pela ferramenta de riscar, ao realizar-se a elevação, o vidro parte-se, obtendo-se assim as peças com as dimensões desejadas. Todo o processo de corte do vidro é realizado automaticamente.

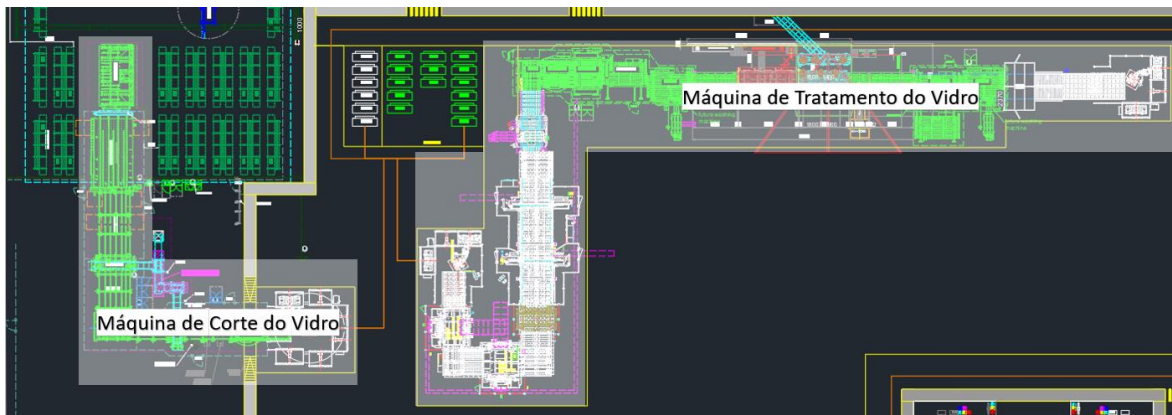


Figura 3.4 - Máquinas de Corte do Vidro e Máquina de Tratamento do Vidro.

Na saída da linha de corte de vidro, há outra célula onde se encontra um robô manipulador industrial realizando tarefas de *picking and place* (apresentado na Figura 3.5).

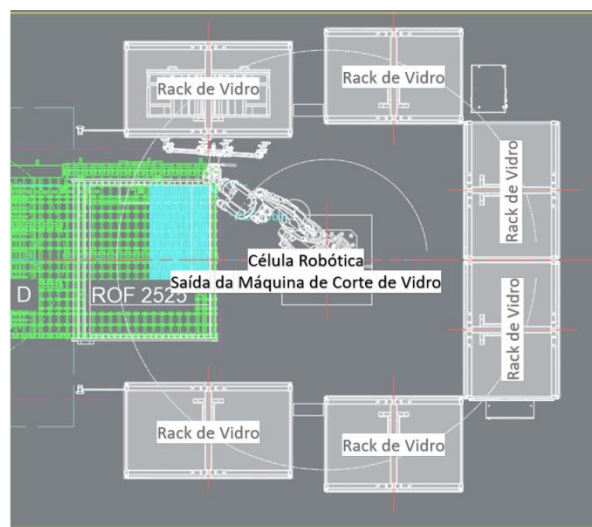


Figura 3.5 - Célula robótica para recolha do vidro cortado.

Esse robô será responsável por alimentar os *racks* de vidro (diferentes dos *racks* utilizados para a movimentação do vidro em dimensões brutas) com peças agora cortadas, o rack de vidro pode ser visto na Figura 3.6. Estes *racks* receberão todos os vidros que compõem uma ordem de produção ou uma fração desta, quando um *rack* não for suficiente para armazenar todas as peças necessárias.



Figura 3.6 - Rack de Vidro (projeto não definitivo).

Estes *racks* estão planejados para transportar uma carga de 2000 kg, sendo capazes de movimentar aproximadamente 74 peças, com um peso médio de 27 kg cada.

Na saída do vidro cortado (representado pela Figura 3.5), há seis posições distintas onde o robô manipulador pode abastecer os *racks*. Quando um *rack* de vidro estiver finalizado, este será liberado para a remoção.

O *rack* de vidro finalizado será deslocado até um *Work In Progress* (WIP) de armazenamento provisório do material. Este deslocamento será efetuado manualmente, por um operador utilizando um empilhador elétrico.

Quando for necessário, o operador abastecerá a entrada da máquina de tratamento de vidro (conforme se observa na Figura 3.4). Nesta etapa, os vidros serão furados, lapidados, passarão por um forno para serem temperados e receberem tratamentos superficiais para facilitar a limpeza das cabines para base de duche. Esta linha é totalmente automatizada, não havendo necessidade de operadores a supervisionar as tarefas. Após todos os processos de beneficiamento referidos anteriormente, as peças de vidro são recolhidas na saída da linha por uma célula robotizada, semelhante à célula na saída do vidro cortado, que tem como função abastecer os *racks* de vidro com as peças tratadas. Os *racks* utilizados possuem a mesma forma que os *racks* do setor anterior (ver Figura 3.6).

Quando o *rack* de vidro estiver finalizado, será deslocado até um WIP para armazenar o material. Este deslocamento será efetuado manualmente por um operador utilizando um empilhador elétrico. Após o armazenamento provisório dos *racks* de vidro, estes são movimentados para o setor de montagem de cabines. Este deslocamento também será efetuado por um operador com um empilhador elétrico. Sempre que for solicitado um *rack* de vidro para o setor de montagem, significa que um *rack* foi totalmente utilizado, sendo necessário retornar o *rack* para um WIP de *racks* vazios, localizado na zona de saída de vidro tratado, conforme se

observa no layout apresentado na Figura 3.7. Desta forma, o operador sempre terá de levar um *rack* cheio e retornar com o *rack* vazio.

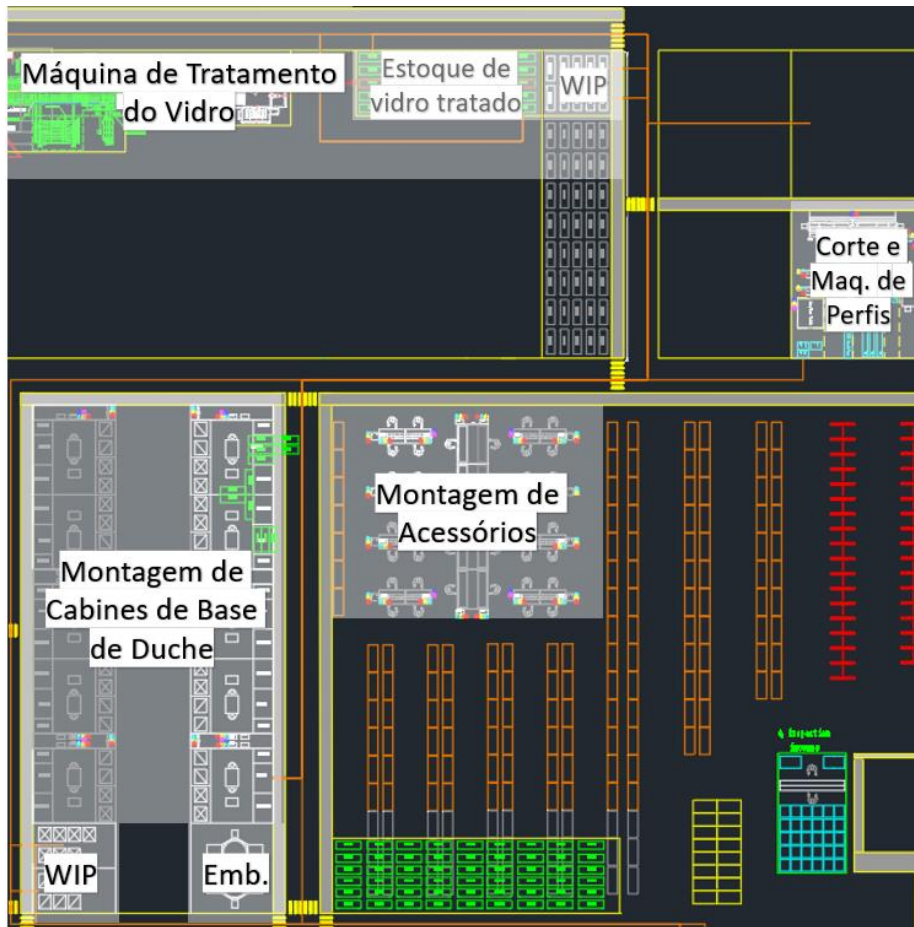


Figura 3.7 – Planta entre Tratamento de Vidro e Montagem de Cabines.

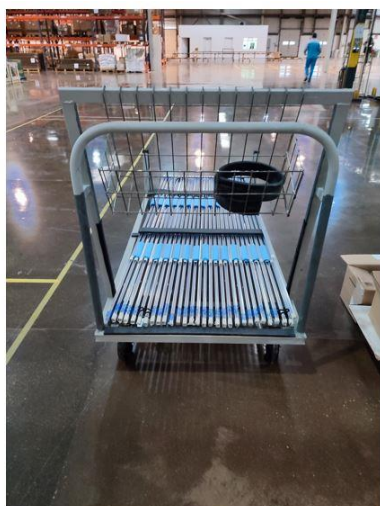
A chegada do material ao setor de montagem de cabines significa o final da movimentação do vidro como peça. No entanto, para que uma cabine esteja completamente montada e possa ser enviada aos clientes, são necessários outros componentes, como: perfis, kits de fixação, embalagem, paletes e manuais.

A seguir será detalhado o processo de movimentação dos perfis.

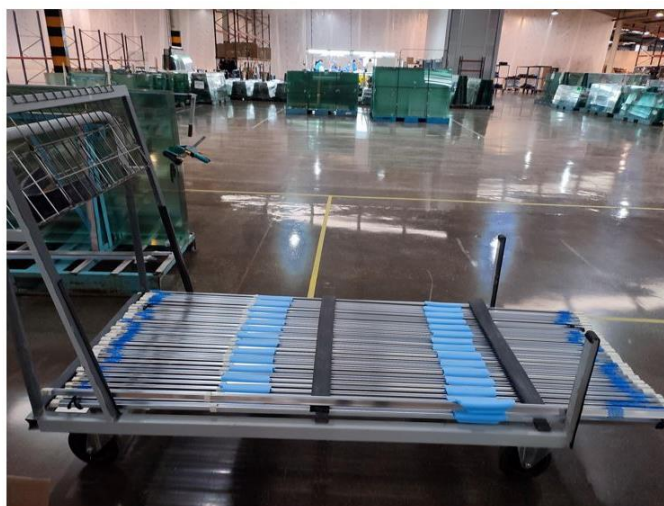
### **3.2.2 Percurso dos Perfis para as Cabines para Base de Duche**

Existem diversos modelos de perfis de alumínio necessários para a montagem de uma cabine para base de duche, sendo que todos esses modelos passam, em maior ou menor grau, pelos processos descritos a seguir. Os perfis chegam à fábrica com uma dimensão de 6 metros de comprimento e são armazenados em *racks* verticais específicos. Quando necessário, são disponibilizados numa mesa com rodas na entrada da máquina de corte de perfis. Este equipamento industrial é uma máquina por *computer numeric control* (CNC) ou máquina CNC, onde o perfil é posicionado e cortado na dimensão desejada. É necessário que um operador alimente a máquina e remova os perfis cortados. Após este estágio, os perfis são disponibilizados na

zona de entrada de maquinagem, onde outra máquina CNC é alimentada com as peças no comprimento desejado para serem maquinadas de acordo com as especificações, fazendo os furos e recortes necessários. Após a finalização deste processo, os perfis são disponibilizados em *racks* para movimentação, conforme ilustrado na Figura 3.8. Estes *racks* são então deslocados até ao setor de montagem de cabines, onde os perfis são subconjuntos das cabines.



a)



b)

Figura 3.8 - Rack para deslocamento dos perfis: a) traseira; b) lateral.

Para realizar a movimentação do *rack* de perfis, é necessário apenas um operador para transportar a carga de pequena dimensão e aproximadamente 50 kg. Sempre que um *rack* é deslocado para o setor de montagem de cabines, é necessário o retorno de um *rack* vazio.

### 3.2.3 Percurso dos Acessórios e Produtos Acabados

Outro produto industrializado nesta fábrica é a montagem e embalagem de acessórios para casas de banho. Os subconjuntos que compõem um acessório são geralmente: peças do conjunto, kits de fixação, embalagens, manuais, caixas e paletes. Após a montagem dos acessórios, estes são embalados, encaixotados e disponibilizados numa paleta EURO de dimensões 800x1200 mm. Esta paleta será deslocada até à máquina de aplicação de filme plástico, que garantirá a estabilidade no movimento da carga. Após a embalagem e a identificação da paleta, esta será deslocada até um WIP onde aguardará para ser enviada à expedição, conforme ilustrado na Figura 3.9.

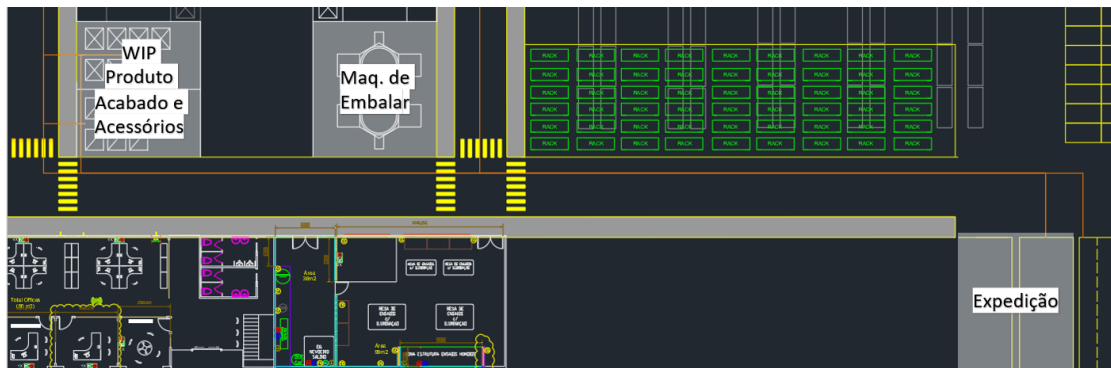


Figura 3.9 - Planta da fábrica com a movimentação do PA e Acessórios.

Muito semelhante é o processo de finalização da montagem das cabines para base de duche. No setor de Montagem de Cabines, as cabines são montadas, embaladas e paletizadas. Quando a paleta estiver finalizada, esta será deslocada para a máquina de aplicação de filme plástico, onde será embalada, garantindo maior estabilidade ao transporte da carga. A partir deste momento, a designação mais comum aplicada à paleta de cabines embaladas é produto acabado.

O produto acabado, após ser embalado, será disponibilizado no WIP localizado na saída do setor de montagem de cabines (apresentado na Figura 3.9). Toda a movimentação interna relacionada aos acessórios e produtos acabados é realizada por um operador com a utilização de empilhadores elétricos tipo *stackers*. A carga máxima do produto acabado é de 900 kg, enquanto a paleta embalada com os acessórios apresenta uma carga máxima de 200 kg. Na Figura 3.10 são apresentadas as paletes de produto acabado e de acessórios.



a)



b)

Figura 3.10 - Paleta para movimentação: a) paleta de produto acabado com filme aplicado; b) paleta de acessórios com filme aplicado.

Do WIP de produtos acabados, a recolha será efetuada por um operador com o auxílio de um empilhador elétrico. Este operador movimentará as paletes até os WIP da expedição, de onde serão posteriormente enviadas para os respetivos clientes.

### 3.2.4 Fluxo de Processos

A seguir, pode-se verificar o fluxo de processos apresentado na Figura 3.11, onde se mostra o fluxograma, de forma geral, de todos os processos até o WIP da Expedição dos produtos acabados e acessórios.

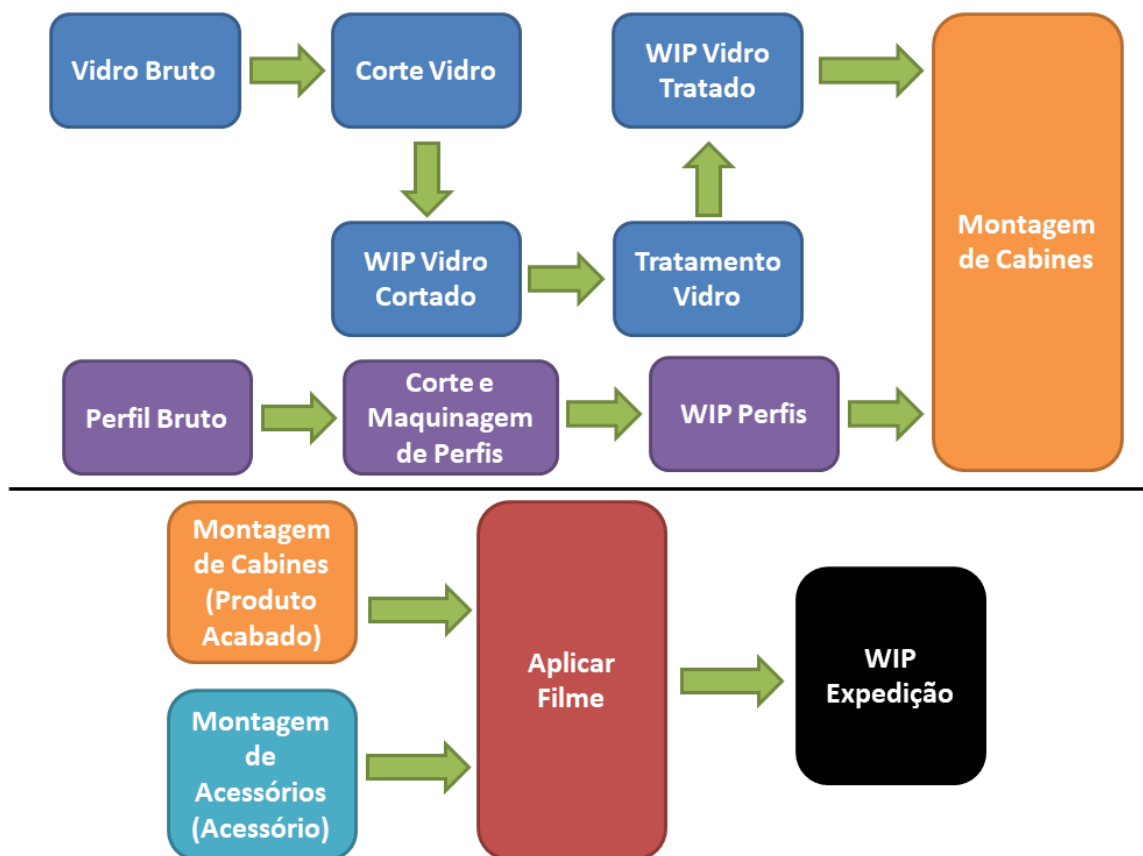


Figura 3.11 – Fluxo de processos dos produtos acabados e acessórios.

### 3.2.5 Definição das Fases do Projeto

Após a compreensão dos processos de movimentação de carga, fornecedores foram contactados para a apresentação do projeto desejado. Devido às dificuldades encontradas nos processos de integração com outros sistemas robóticos e para uma melhor gestão dos recursos, a gestão do projeto definiu que os deslocamentos de produto acabado e acessórios fossem priorizados. Desta forma, as movimentações possíveis foram divididas em dois grupos distintos, a Fase 01 e a Fase 02, conforme ilustrado na Figura 3.12. A seguir, serão apresentadas as movimentações para cada fase do projeto.

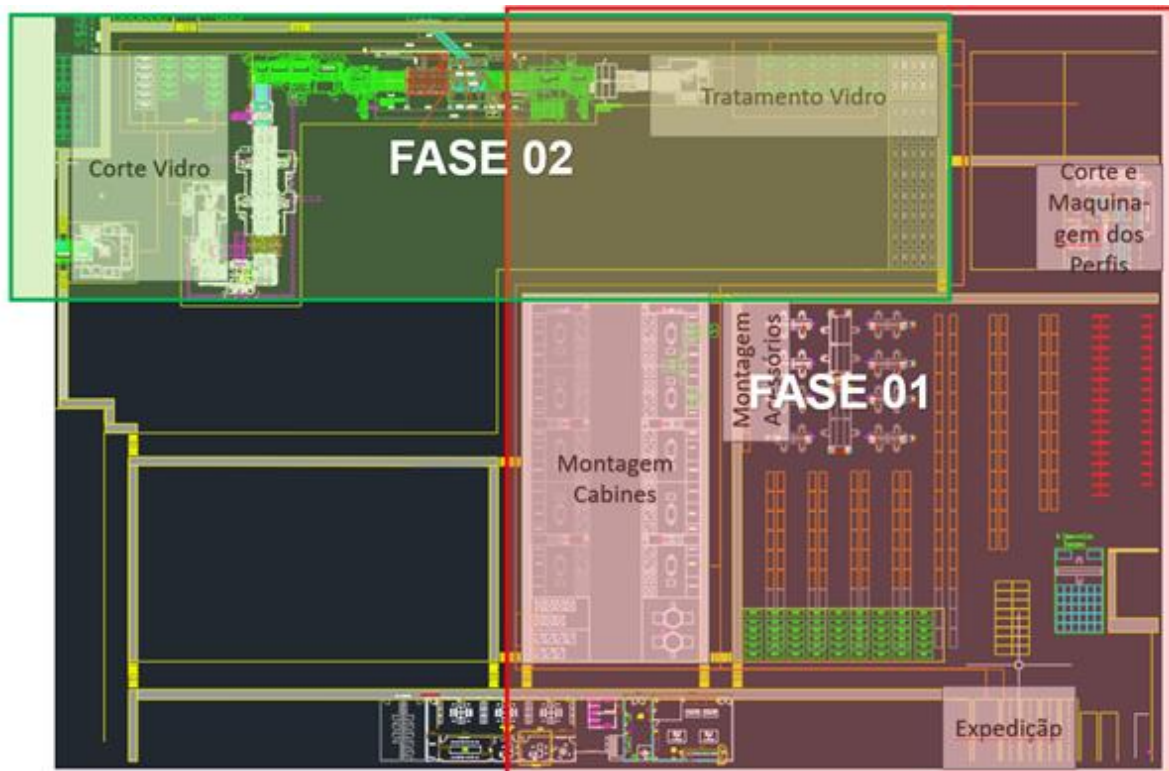


Figura 3.12 - Zonas onde serão executadas as Fases 01 e Fase 02.

### 3.2.6 Movimentações com Robôs FASE 01.

Abaixo, estão relacionadas as movimentações que serão abordadas na Fase 01:

- a) Entre os setores Tratamento do Vidro e Montagem de Cabines (representado na Figura 3.13)

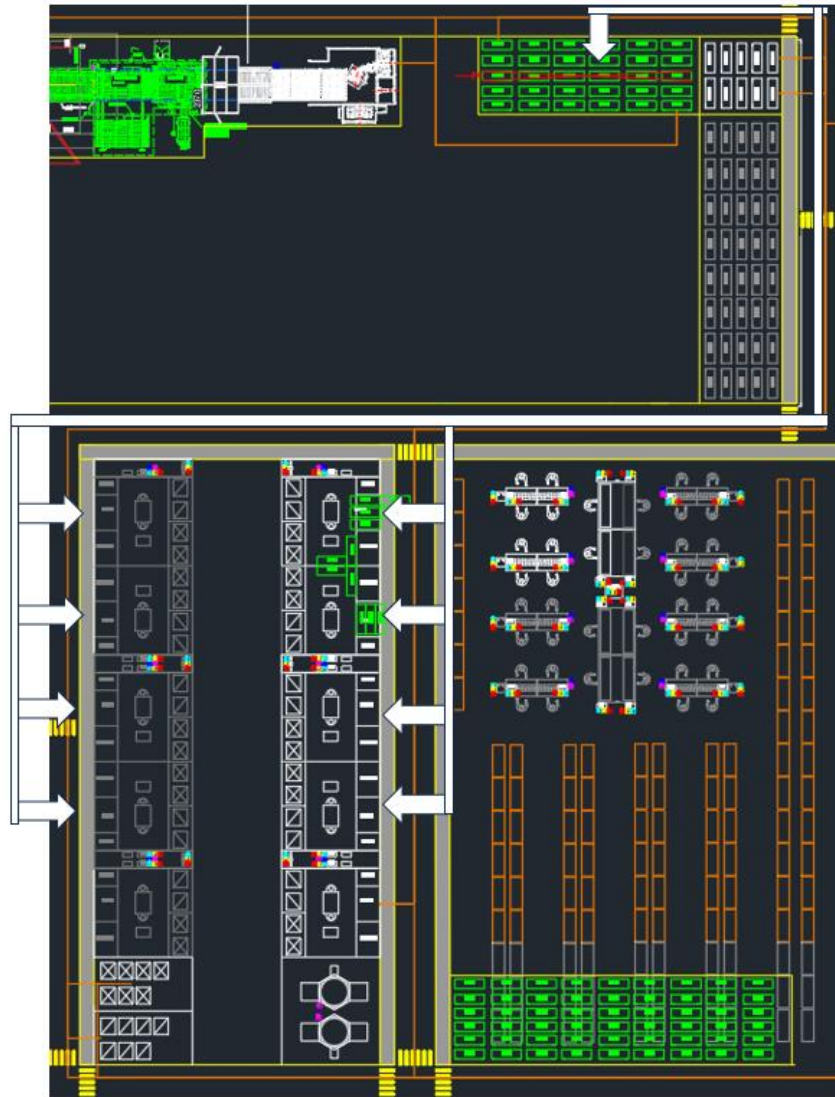


Figura 3.13 - Movimentação entre os setores de Tratamento de Vidro e Montagem de Cabines.

#### 1. Tratamento Vidro para Montagem Cabines

- Movimentação dos *racks* de vidro cheios do WIP de vidro tratado para os pontos de abastecimento de vidro nos postos de trabalho no setor de Montagem de Cabines.

#### 2. Montagem Cabines para Tratamento Vidro

- Após a entrega de um *rack* de vidro cheio ao setor de Montagem de Cabines, deve ser retornado um *rack* vazio ao WIP de *racks* vazios na zona de tratamento de vidros.

- b) Entre os setores Corte e Maquinagem dos Perfis e Montagem de Cabines (representado na Figura 3.14)

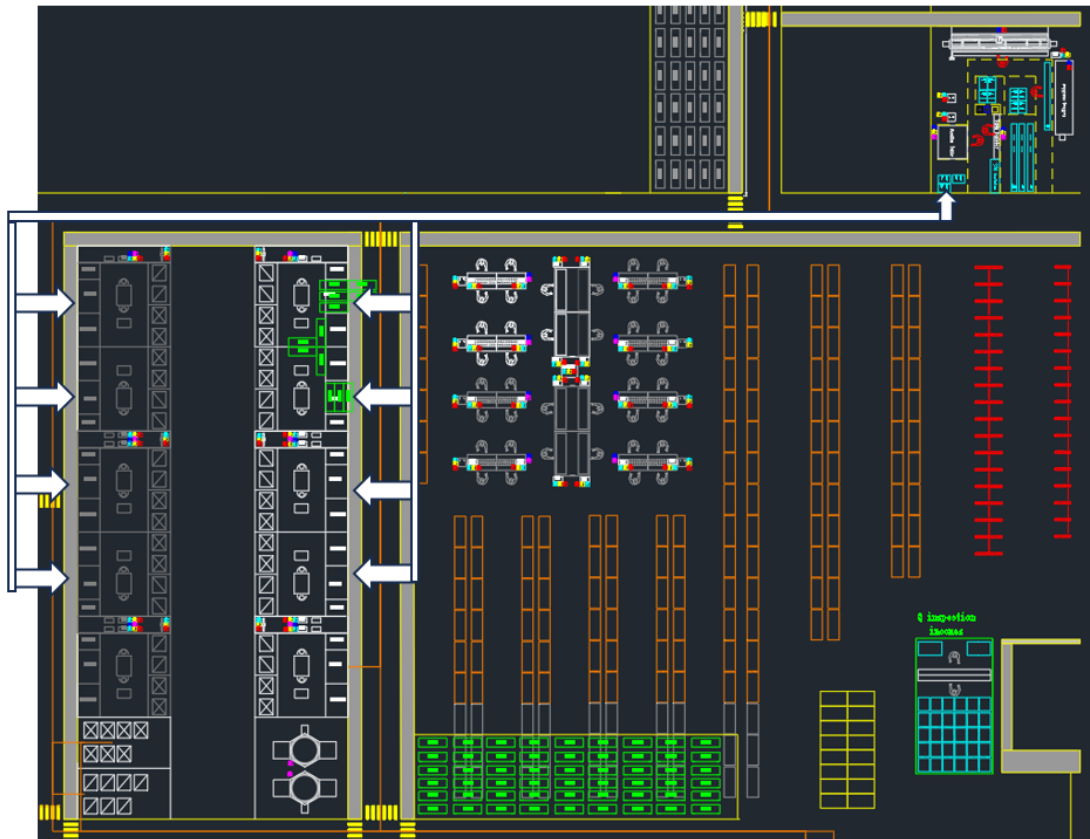


Figura 3.14 - Movimentação entre os setores de Corte e Maquinagem de Perfis e Montagem de Cabines.

### **1. Corte e Maquinagem dos Perfis para Montagem Cabines**

- Movimentar os *racks* de perfis cheios do WIP no setor de Corte e Maquinagem dos Perfis para os pontos de abastecimento de perfis nos postos de trabalho no setor de Montagem de Cabines.

### **2. Montagem Cabines para Corte e Maquinagem dos Perfis**

- Após a entrega de um *rack* de perfis cheio ao setor de Montagem de Cabines, deve ser retornado um *rack* vazio ao WIP de *racks* vazios na zona de corte e maquinagem de perfis.

- c) Entre os setores Montagem de Cabines & Montagem de Acessórios e Expedição (representado na Figura 3.15)

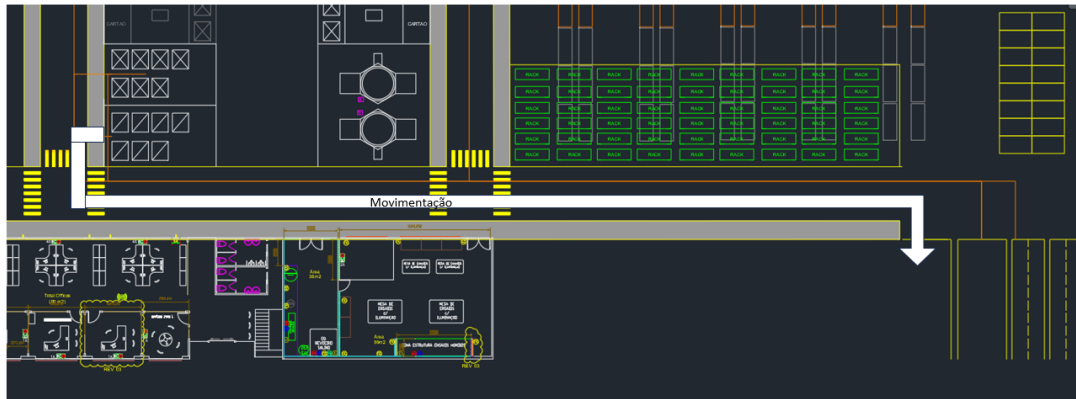


Figura 3.15 - Movimentação entre os setores de Montagem de Cabines/Montagem de Acessórios e Expedição.

### 1. Montagem de Cabines para Expedição

- Quando os produtos acabados forem disponibilizados no WIP, estes deverão ser movimentados até o ponto de entrega no setor de Expedição.

### 2. Montagem de Acessórios para Expedição

- Quando os acessórios forem disponibilizados no WIP, estes deverão ser movimentados até o ponto de entrega no setor de Expedição.

### 3.2.7 Movimentações com robôs FASE 02.

Na Fase 02, serão abordadas as movimentações restantes, sendo estas todas as movimentações internas ao setor de corte de vidro e as movimentações internas referentes ao setor de tratamento de vidro.

- a) No setor de Corte de Vidro (representado na Figura 3.16)

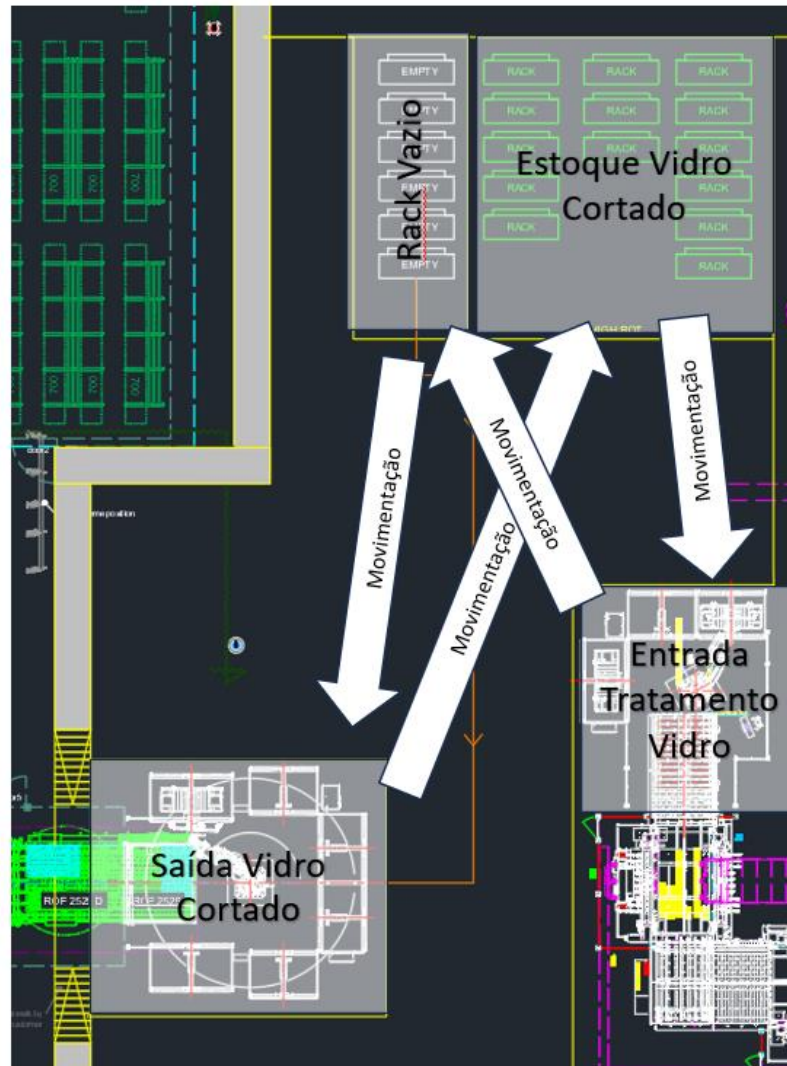


Figura 3.16 - Movimentações internas no setor de Corte de Vidro.

#### 1. *Rack Vazio* para Saída Corte Vidro

- O robô irá recolher um *rack* de vidro vazio e alimentar a célula robótica para que este possa ser abastecido.

#### 2. Saída Corte Vidro para Estoque Vidro Cortado

- Quando o *rack* de vidro estiver cheio, este será deslocado para o armazenamento de vidro cortado, aguardando para a entrada na máquina de tratamento de vidro.

### 3. Armazenamento de Vidro Cortado para Entrada Tratamento Vidro

- Quando solicitado, o robô irá deslocar um *rack* cheio do armazenamento de vidro cortado para abastecer a célula robótica responsável por alimentar a máquina de tratamento de vidro.

### 4. Entrada Tratamento Vidro para *Rack* Vazio

- Quando o *rack* de vidro estiver vazio, este deve ser recolhido e retornado para o armazenamento de *racks* vazios.

b) No setor de Tratamento de Vidro (representado na Figura 3.17)

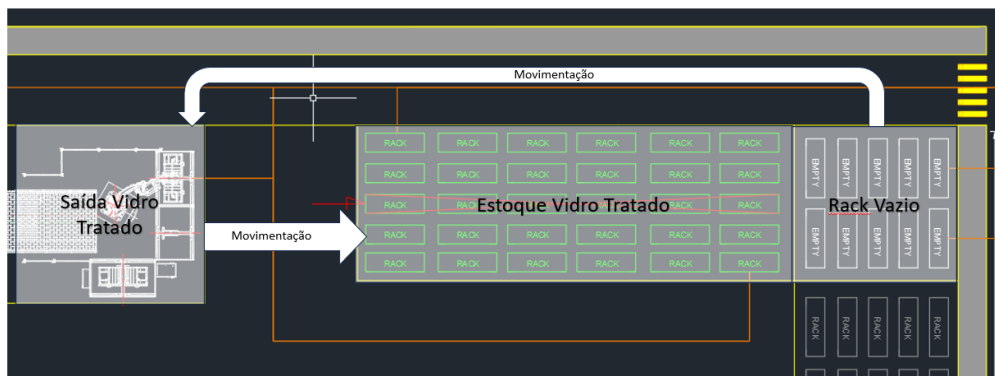


Figura 3.17 - Movimentações internas no setor de Tratamento de Vidro.

#### 1. *Rack* Vazio para Saída Vidro Tratado

- O robô irá recolher um *rack* de vidro vazio e alimentar a célula robótica para que este possa ser abastecido.

#### 2. Saída Vidro Tratado para Estoque Vidro Tratado

- Quando o *rack* de vidro estiver cheio, este será deslocado para o armazenamento de vidro tratado, aguardando para ser movimentado até o setor de montagem de cabines.

c) Entre os setores Corte de Vidro e Tratamento de Vidro (representado na Figura 3.18)

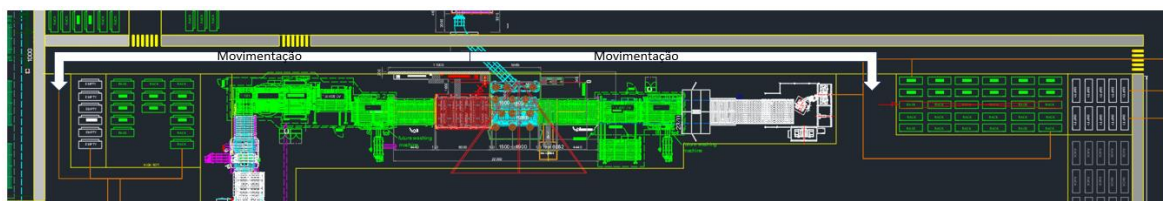


Figura 3.18 - Movimentação entre os setores de Corte de Vidro e Tratamento de Vidro.

#### 1. Entre Corte de Vidro e Tratamento de Vidro

- Para que o robô possa realizar tarefas na zona de corte de vidro e na zona de tratamento de vidro, será necessário um deslocamento entre setores sem carga.

### **3.2.8 Distâncias para e Tempos para Movimentação das Cargas.**

Devido ao facto de a fábrica, ainda estar num processo de implantação, os tempos de processo foram considerados para atender à cadência de produção estimada. Todos os tempos foram baseados no princípio de que o setor de Montagem de Cabines terá a capacidade de produzir 5 paletes de produto acabado por hora, totalizando 40 paletes por dia ou 640 cabines. Já para a montagem de acessórios serão movimentados 8 paletes ao dia. Para o cálculo do tempo de movimentação abaixo foi considerado que o robô necessitará de 120 segundos para coletar e entregar a carga e a velocidade média de deslocamento será de 2 m/s.

Nas tabelas a seguir, podem ser verificados os tipos de carga, peso e distância de cada movimentação. A Tabela 3.2 apresenta todos os deslocamentos da Fase 01, e a os da Fase 02. A

Tabela 3.4 exibe os tempos e a quantidade de movimentos para a Fase 01, enquanto a apresenta os mesmos dados para a Fase 02.

Tabela 3.2 – Tipo, cargas e distâncias de movimentação Fase 01.

Descrição	Tipo de Carga	Peso da Carga [kg]	Distância [m]
Tratamento Vidro para Montagem Cabines	<i>Rack</i> de Vidro	1500	113
Montagem Cabines para Tratamento Vidro	<i>Rack</i> de Vidro	50	113
Corte e Maquinagem dos Perfis para Montagem Cabines	<i>Rack</i> de Perfil	50	95
Montagem Cabines para Corte e Maquinagem dos Perfis	<i>Rack</i> de Perfil	50	95
Montagem de Cabines para Expedição	Palete para Cabine	800	82
Montagem de Acessórios para Expedição	Palete EURO	200	82

Tabela 3.3 – Tipo, cargas e distâncias de movimentação Fase 02.

Descrição	Tipo de Carga	Peso da Carga [kg]	Distância [m]
<i>Rack</i> Vazio para Saída Corte Vidro	<i>Rack</i> de Vidro	50	25
Saída Corte Vidro para Estoque Vidro Cortado	<i>Rack</i> de Vidro	1500	31
Estoque Vidro Cortado para Entrada Tratamento Vidro	<i>Rack</i> de Vidro	1500	22
Entrada Tratamento Vidro para <i>Rack</i> Vazio	<i>Rack</i> de Vidro	50	19
<i>Rack</i> Vazio para Saída Vidro Tratado	<i>Rack</i> de Vidro	50	50
Saída Vidro Tratado para Estoque Vidro Tratado	<i>Rack</i> de Vidro	1500	33
Corte de Vidro entre Tratamento de Vidro	S/ Carga	0	150

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Acadêmico e Industrial*

Tabela 3.4 - Tempos de movimentação projetados na Fase 01.

Descrição	Tempo para movimentação [h]	Quantidades de viagens ao dia	Tempo de movimentação ao dia [h]
Tratamento Vidro »»»» Montagem Cabines	0,08	24	1,98
Montagem Cabines »»»» Tratamento Vidro	0,08	24	1,98
Corte e Maquinagem dos Perfis »»»» Montagem Cabines	0,08	8	0,64
Montagem Cabines »»»» Corte e Maquinagem dos Perfis	0,08	8	0,64
Montagem de Cabines »»»» Expedição	0,08	40	3,12
Montagem de Acessórios »»»» Expedição	0,08	8	0,62
Tempo Total em Movimentação			8,98

Tabela 3.5 - Tempos de movimentação projetados na Fase 02.

Descrição	Tempo para movimentação [h]	Quantidades de viagens ao dia	Tempo de movimentação ao dia [h]
<i>Rack</i> Vazio para Saída Corte Vidro	0,07	24	1,68
Saída Corte Vidro para Estoque Vidro Cortado	0,07	24	1,68
Estoque Vidro Cortado para Entrada Tratamento Vidro	0,07	24	1,68
Entrada Tratamento Vidro para <i>Rack</i> Vazio	0,07	24	1,68
<i>Rack</i> Vazio para Saída Vidro Tratado	0,07	24	1,68
Saída Vidro Tratado para Estoque Vidro Tratado	0,07	24	1,68
Corte de Vidro entre Tratamento de Vidro	0,02	20	0,40
Tempo Total em Movimentação			10,48

### 3.2.9 Características das cargas a serem movimentadas.

- *Rack* de Vidro (que se mostra na Figura 3.6) – Nos sectores de Corte de Vidro, Tratamento de Vidro e Montagem de Cabines, as peças de vidro serão sempre movimentadas em *racks* específicos, especialmente desenhados para este tipo de carga. Cada *rack* transportará, em média, 54 peças, totalizando uma carga de 1500 kg, incluindo o peso do próprio *rack*.
- *Rack* de Perfis (representado na Figura 3.8) – No sector de Maquinagem de Perfis e Montagem de Cabines, os perfis serão sempre movimentados num *rack* desenvolvido para esta aplicação. Este *rack* é construído em aço e tem dimensões aproximadas de 1000 x 2000 x 1200 mm (largura x profundidade x altura). A carga total estimada deste *rack* é de 50 kg.
- Palete de Produto Acabado (apresentado na Figura 3.10) – As cabines para base de duche, quando finalizadas, serão movimentadas em paletes específicas. Este tipo de palete possui costas para uma maior estabilidade da carga. Cada palete é carregada com 16 cabines, que são amarradas com fita adesiva e depois envolvidas em filme numa máquina de embalagem de paletes, assegurando assim a estabilidade da carga. O peso máximo de uma palete de Produtos Acabados é de 900 kg. A largura pode variar de 700 a 1600 mm e a profundidade de 700 a 1100 mm, conforme o modelo da cabine a ser transportada.
- Palete de Acessórios (apresentado na Figura 3.10) – Os acessórios serão montados, embalados e encaixotados. Estas caixas serão colocadas numa palete EURO convencional e depois envolvidas em filme para garantir a estabilidade da carga. O peso máximo da palete de acessórios será de 200 kg.

## **4 MATERIAIS PRODUZIDOS AO LONGO DO PROJETO**

Durante a execução do projeto, tanto no contexto acadêmico como industrial, foram produzidos materiais para apoiar as operações realizadas. Nos subtópicos seguintes, serão destacados os principais documentos criados.

### **4.1 Ambiente acadêmico (ISEC)**

Os trabalhos e estudos realizados no âmbito do ISEC resultaram na criação de um roteiro para a instalação do AGV Tribot 5000 e de um manual para facilitar a primeira interação entre o usuário e o robô, abordando de forma geral o equipamento em português, diferentemente dos manuais fornecidos pelo fabricante, que estão em espanhol e têm uma abordagem específica sobre o tópico que tratam.

#### **4.1.1 Rota para o AGV Tribot 5000**

Após a análise da planta do laboratório de oficinas mecânicas, levantamento das dimensões em campo e reuniões com os professores orientadores e os alunos responsáveis pela implementação do AGV, foi possível compreender as necessidades específicas para a instalação do equipamento. Com base nessa compreensão, a rota para o robô foi definida e ajustada. Esta rota inclui duas zonas de retorno: uma próxima à entrada do laboratório e outra junto às máquinas de corte e quinagem de chapas, onde também se encontra a fonte de carregamento das baterias do AGV.

A criação do percurso levou em conta a inclinação do piso, pontos de carregamento, largura dos corredores, pontos de retorno, quantidade de banda magnética, distâncias de segurança em relação aos obstáculos e a possibilidade de criar percursos alternativos utilizando o mesmo trajeto.

Na Figura 4.1, é apresentado um recorte da planta das oficinas onde o AGV está instalado. No Apêndice 1, pode ser vista a planta geral das oficinas.

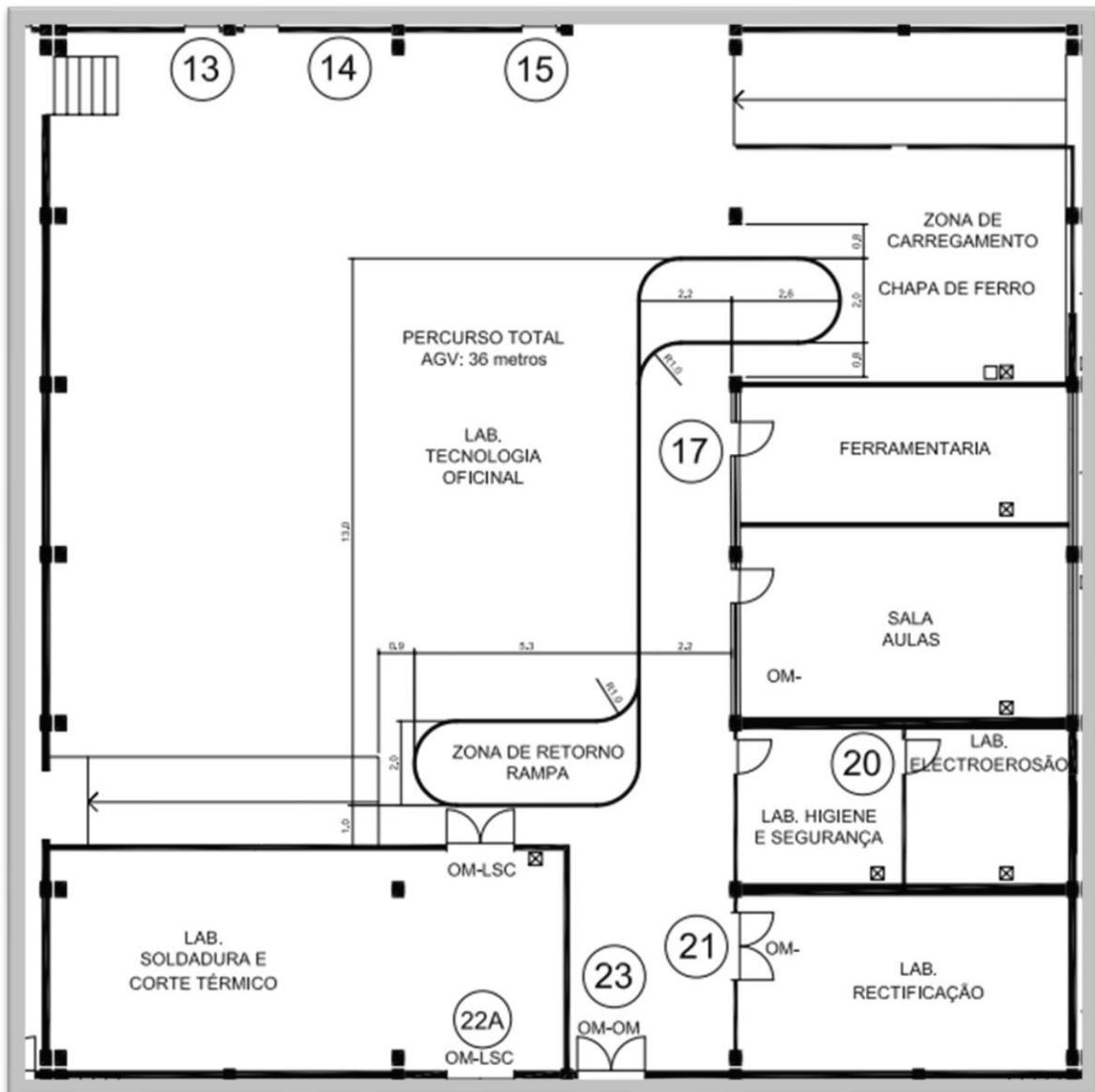


Figura 4.1 - Rota aprovada para o AGV nas Oficinas Mecânicas do ISEC.

#### 4.1.2 Manual para Operação e Programação do AGV Tribot 5000

Este documento foi criado para proporcionar aos futuros alunos uma compreensão rápida sobre a operação e programação do robô. A versão completa do manual pode ser consultada no Apêndice 2. A seguir são descritos e esclarecidos os principais pontos abordados neste:

- **Identificação das Partes Importantes:** Descrição das principais partes do Tribot 5000 essenciais para o uso inicial, incluindo a localização de botões e componentes chave (representado na Figura 4.2).



Figura 4.2 - Partes importantes, imagem do manual para Tribot 5000.

- **Ligando e Operando o AGV:** Instruções passo a passo para ligar e parar o AGV, mover manualmente (comando apresentado na Figura 4.3), desligar e retornar à operação automática, com ênfase na segurança e no uso correto dos botões de controlo.



Figura 4.3 - Comando manual, imagem do manual para Tribot 5000.

- **Programação do AGV:** Diretrizes para ler, guardar e alterar o programa do AGV utilizando o *software* Consola SIGAT-Slam. Na Figura 4.4 pode ser visto a ecrã para manipular o programa a ser utilizado.

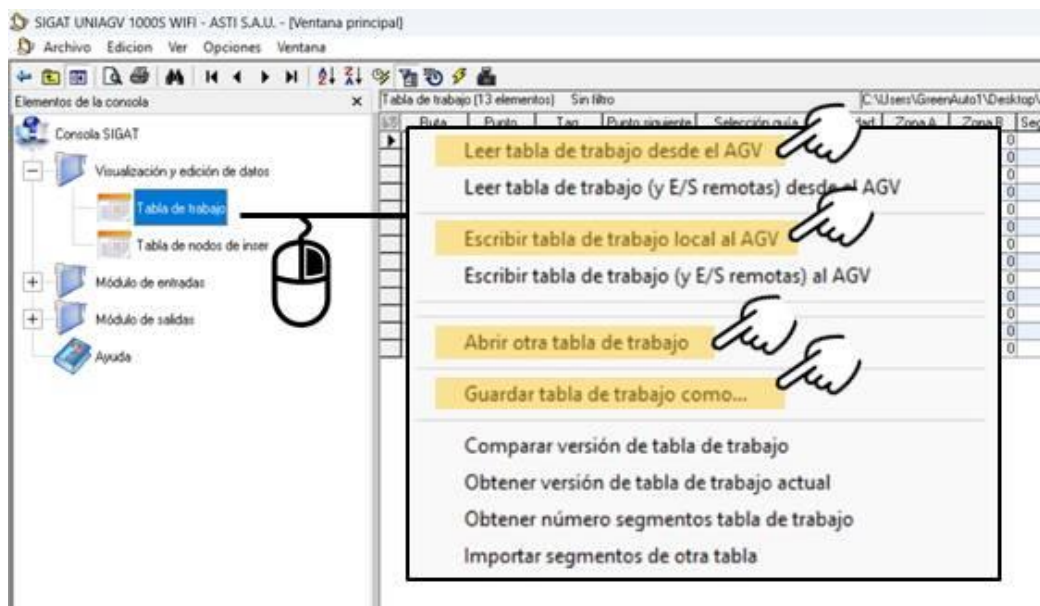


Figura 4.4 - Consola SIGAT-Slam, imagem do manual para Tribot 5000.

- **Programa Modelo e Suas Funções:** Apresentação de um programa modelo, com explicações detalhadas de cada segmento do programa e as operações realizadas pelo AGV ao ler etiquetas específicas. Na Figura 4.5 é apresentado o ecrã de alteração de parâmetros do programa.

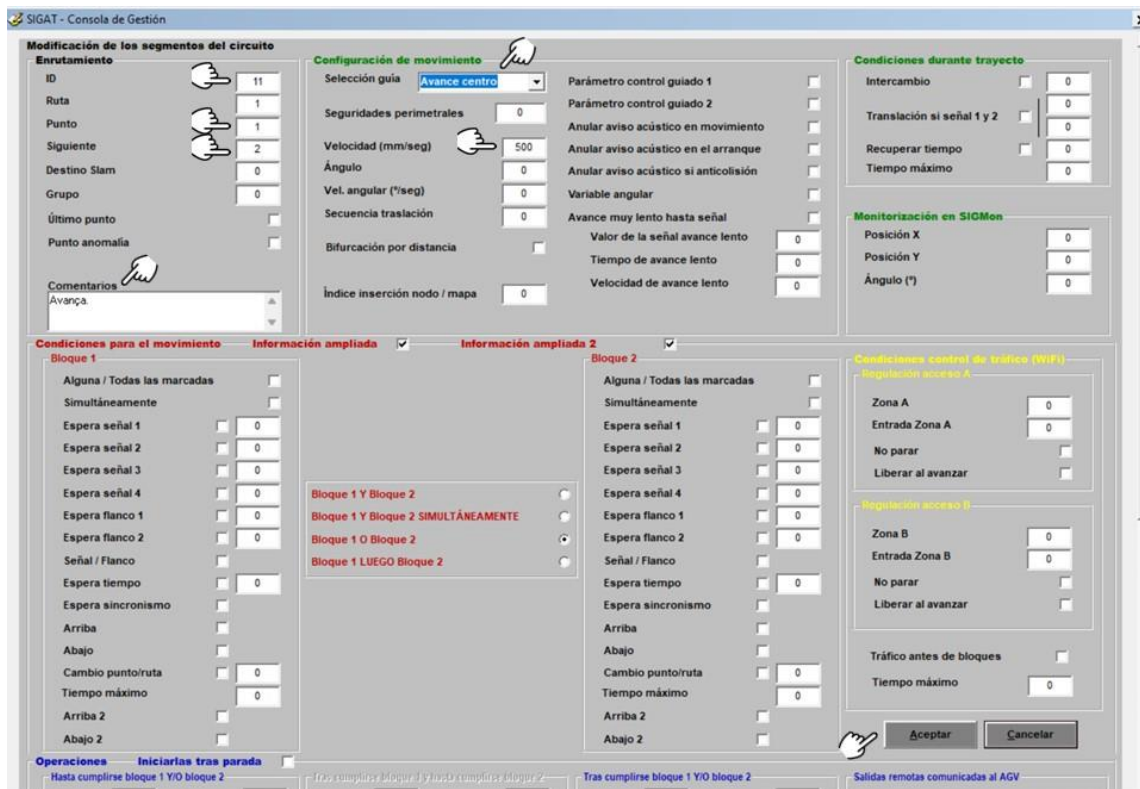


Figura 4.5 - Parâmetros do programa, imagem do manual para Tribot 5000.

## 4.2 Ambiente Industrial (Sanitana)

Ao longo do projeto, foram definidos os requisitos para a aplicação de robôs móveis na Sanitana. O estudo da movimentação manual *versus* a movimentação robótica permitiu, dentro de alguns critérios, delimitar a tipologia do equipamento e suas tecnologias principais. Como resultado desses estudos, foi criado um Caderno de Encargos para Implementação de AGVs (apresentado no Apêndice 3) para que os fornecedores tivessem a oportunidade de ter um primeiro contato com a Sanitana e apresentarem suas propostas de equipamento. Para chegar à definição dos processos descritos neste documento, houve diversas reuniões com a equipa de processos e de produção, de forma a definir uma condição de movimentação coerente com as necessidades da empresa.

### 4.2.1 Estrutura do Caderno de Encargos

O documento está dividido em várias seções que abordam os diferentes setores da fábrica onde os AGVs serão implementados, as características das cargas a serem movimentadas e os tempos de deslocamento estimados. As principais seções incluem:

- **Visão Geral:** Apresenta os setores envolvidos e as fases do projeto.
- **Corte de Vidro:** Descreve as movimentações internas no setor de corte de vidro.
- **Tratamento de Vidro:** Detalha as operações no setor de tratamento de vidro.
- **Corte e Maquinagem de Perfis:** Explica as atividades relacionadas aos perfis de alumínio.
- **Montagem de Cabines e Acessórios:** Aborda os processos de montagem e a logística associada.
- **Expedição:** Descreve a movimentação dos produtos acabados e acessórios para a expedição.

Em resposta ao caderno de encargos, foram agendadas reuniões online e presenciais, além de visitas aos fornecedores e às instalações da Sanitana.

### 4.2.2 Equipamentos em Orçamentação

A seguir é apresentado uma tabela de comparação técnica entre os diferentes equipamentos em orçamentação. Todos os equipamentos listados cumprem com os requisitos estabelecidos. Durante os testes realizados no âmbito académico verificou-se que velocidades acima de 1 m/s poderiam gerar riscos as pessoas e a carga a ser transportada, em contactos com fornecedores foi informado que geralmente a velocidade de trabalho é de 0.8 m/s, portanto optou-se por

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Acadêmico e Industrial*

considerar AMRs que atingissem até 1 m/s, fato esse que possibilitou considerar mais opções.

Tabela 4.1 - Comparação técnica entre os equipamentos orçados.

Empresa	EUROPNEUMAQ	Follow Inspiration	FLOWBOTIC
Fabricante	SEER	Follow Inspiration	FLOWBOTIC
Nome	Laser SLAM Autonomous Pallet Truck	AMR 1500PT	GO PALLET AMR 1500
Modelo	SFL-CBD15	AMR 1500PT	GO PALLET AMR 1500
Tipo de navegação	Laser SLAM	Laser SLAM	Laser SLAM
Tipologia	Garfos, chão-chão	Garfos, stacker	Garfos, chão-chão
Dimensões (LxWxH)	1712 x 932 x 1902 mm		1540 x 725 x 1755 mm
Altura do garfo	85 mm		
Altura do garfo elevado (altura do garfo + elevação)	290 mm	1600 mm	500 mm
Peso (incluindo bateria)	388 kg		
Mínimo raio de curvatura	1524 mm		
Capacidade de carga	1500 kg	1500 kg	1500 kg
Largura total do garfo	550 / 600 / 680		
Dimensões do garfo (LxWxH)	1220 x 170 x 75 mm		
Tipo de bateria	Bateria de fosfato de ferro-lítio (LiFePO4)		Bateria de fosfato de ferro-lítio (LiFePO4)
Capacidade da bateria	48V / 23Ah / 1104Wh		48V / 1500Wh
Duração da bateria	4-6 h		
Tipo de carregamento	Carregamento Automático por Contacto	Carregamento Automático por Contacto	Carregamento Automático por Contacto
Tempo de carregamento	10% até 80%: 1h		
Ciclos de carga e descarga	> 2000		
Velocidade de deslocamento	2 m/s	1,5 m/s	1 m/s
Inclinação máxima	5%	3%	

*Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Académico e Industrial*

Tabela 4.2 - Comparação técnica entre os equipamentos orçados.

Empresa	EUROPNEUMAQ	Follow Inspiration	FLOWBOTIC
Fabricante	SEER	Follow Inspiration	FLOWBOTIC
Nome	Laser SLAM Autonomous Pallet Truck	AMR 1500PT	GO PALLET AMR 1500
Modelo	SFL-CBD15	AMR 1500PT	GO PALLET AMR 1500
Degraus	10 mm	20 mm	
Vãos	30 mm		
Precisão de posicionamento (linear e angular)	$\pm 10$ mm, $\pm 1^\circ$		$\pm 15$ mm, $\pm 1^\circ$
Comunicação	WiFi (2.4 GHz e 5 GHz)	WiFi (2.4 GHz e 5 GHz)	WiFi (2.4 GHz e 5 GHz), MQTT, Profinet, Profisafe, TCP/IP, OPC UA, CANbus
Software Gestor de Frotas	RDS Fleet Management (incluído)	Fleet Management System (incluído)	GoFleet (opcional)
Comunicação Homem Máquina	HMI instalada no TPI (software)	2 Tablets (software + hardware)	Botões físicos para 4 postos (hardware)

## 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões bem como sugestões de trabalhos futuros no âmbito de cada aplicação dos sistemas de robótica móvel. As atividades realizadas no ISEC, de caráter mais executivo, proporcionaram um amadurecimento dos conceitos práticos de utilização de robôs para movimentação de cargas e serviram como laboratório para a programação deste tipo de linguagem. Na Sanitana, o projeto focou em definir a melhor tecnologia de equipamento para as necessidades da empresa, resultando em uma lista de fornecedores capazes de fornecer equipamentos adequados.

### 5.1 Âmbito Acadêmico (ISEC)

A implementação do AGV Tribot 5000 facilitou a compreensão dos conceitos teóricos de automação e robótica, proporcionando uma experiência de aprendizagem imersiva e aplicada. Também permitiu a realização de testes e experiências que simulam cenários industriais reais.

O principal desafio enfrentado no ISEC foi o desenvolvimento de uma rota eficiente e segura, levando em consideração as limitações físicas do laboratório de oficinas mecânicas. Para superar este desafio, foi necessário um estudo detalhado das rotas possíveis, garantindo que o AGV pudesse operar sem comprometer a segurança dos utilizadores e do equipamento.

Durante o projeto, verificou-se a necessidade de criar um manual para facilitar a introdução do AGV Tribot 5000, detalhando desde os procedimentos básicos de operação até a programação do AGV.

Portanto, é possível dizer que, o projeto de implementação do AGV tem potencial para proporcionar uma valiosa ferramenta de aprendizagem, contribuindo para a formação de futuros engenheiros mais competentes e preparados para as demandas da automação industrial moderna.

#### 5.1.1 Trabalhos Futuros no ISEC

1. **Expansão do Sistema:** Ampliar a quantidade de rotas para aumentar a abrangência e complexidade dos cenários de aprendizagem.
2. **Integração com Outras Tecnologias:** Explorar a integração do AGV com outras tecnologias, para criar um ambiente de aprendizagem mais interativo e avançado.

3. **Desenvolvimento de Novas Aplicações:** Encorajar os estudantes a desenvolver novas aplicações e funções para o AGV, promovendo a inovação e a criatividade.

## **5.2 Âmbito Industrial (Sanitana)**

Durante o desenvolvimento do estudo para a Sanitana, foram identificadas as seguintes dificuldades:

Primeiro, os diferentes tipos de sistemas, sejam estes AGVs ou AMRs, são equipamentos desenvolvidos pelos seus fabricantes e apresentam grandes divergências entre si, seja a nível de tecnologia, funções, capacidade de carga, geometria, segurança, software, baterias, sistema de gestão de frotas, entre outros fatores. Essas diferenças dificultam a comparação entre equipamentos de diferentes fornecedores, tornando desafiante equiparar todos de forma equivalente.

Para contornar este problema, foi realizada uma equiparação das cargas a serem movimentadas, definindo-se a carga máxima que cada equipamento deveria suportar. Também foi considerada a geometria, sendo obrigatório que o robô tivesse garfos para movimentar paletes desde o nível do chão. Outro requisito obrigatório foi que o equipamento fosse um AMR, ou seja, não poderia utilizar guias ou bandas magnéticas para se orientar, porque se requer um sistema que apresente um elevado grau de flexibilidade quer na sua instalação quer na sua operação.

Através do caderno de encargos, foram definidos os requisitos mínimos que o equipamento deveria cumprir, e foram solicitados orçamentos com base nesses requisitos. No momento da redação deste relatório, os equipamentos ainda estavam a ser orçamentados comercialmente, mas a nível técnico, as propostas já estavam enquadradas.

### **5.2.1 Próximos Passos no Projeto Sanitana**

1. **Conhecimento de Aplicações em Funcionamento:** Um próximo passo relevante seria conhecer uma aplicação em funcionamento de um ou mais fornecedores.
2. **Prova de Conceito:** Para uma análise precisa da operação dos robôs, pode ser contratada uma prova de conceito, onde o AMR seria testado nas condições reais da empresa.
3. **Definição da Solução Contratada:** Outro passo importante seria uma melhor definição da solução a ser contratada, trabalhando em conjunto com o fornecedor para construir um livro do projeto e definir as diretrizes operacionais do equipamento, evitando frustrações de ambas as partes.

4. **Exploração de Novas Propostas:** Se as propostas enviadas não forem de interesse da gestão, pode-se considerar solicitar de orçamentos com empresas fora de Portugal. Contudo, isso implicar questões técnicas e legais relacionada à conformidade dos equipamentos com os critérios de segurança da legislação portuguesa.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Soares e A. V. R. Lucato, "Robótica colaborativa na Indústria 4.0, sua importância e desafio," *Revista Interface Tecnológica*, 18(2), pp. 747-759, 2021.
- [2] B. P. Santos, A. Alberto, T. D. F. M. Lima e F. M. B. Charrua-Santos, "INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES," *Revista Produção E Desenvolvimento*, 4(1), p. 111-124, 2018.
- [3] V. F. Romano e M. S. Dutra, Introdução a robótica industrial. Robótica Industrial: Aplicação na Indústria de Manufatura e de Processo, São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
- [4] S. Behnke, "Humanoid robots-from fiction to reality?," *Künstliche Intell.*, 22(4), pp. 5-9, 2008.
- [5] M. Vukobratović, "Nikola tesla and robotics," *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 3(2), pp. 163-175, 2006.
- [6] S. Surati, S. Hedao, T. Rotti, V. Ahuja e N. Patel, "Pick and place robotic arm a review paper," *Int. Res. J. Eng. Technol*, 8(2), pp. 2121-2129, 2021.
- [7] A. Martinelli, A. Mina e M. Moggi, "The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution," *Industrial and Corporate Change*, 30(1), pp. 161-188, 2021.
- [8] E. F. DA SILVA e KAWAKAME, "Logística 4.0: Desafios e inovações," *CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (Vol. 9)*, 2019.
- [9] M. M. B. C. d. Freitas, M. A. d. F. Fraga e G. P. L. d. Souza, "Logística 4.0: Conceitos e Aplicabilidade: Uma Pesquisa-açãoem Uma Empresa de Tecnologia para o Mercado Automobilístico," *Caderno PAIC*, 17(1), p. 237-261, 2016.
- [10] M. d. O. Morais e G. A. Morais, "Os Impactos da Indústria 4.0 e da Inteligência Artificial nas Atividades Logísticas Empresariais/The Impacts of Industry 4.0 and Artificial Intelligence on Business Logistics Activities," *Revista FSA (Centro Universitário Santo Agostinho)*, 21(1), pp. 134-149, 2023.
- [11] E. A. Oyekanlu, A. C. Smith, W. P. Thomas, G. Mulroy, D. Hitesh, M. Ramsey, D. J. Kuhn, J. D. Mcghinnis, S. C. Buonavita, N. A. Looper e others, "A review of recent advances in automated guided vehicle technologies: Integration challenges and research areas for 5G-based smart manufacturing applications," *IEEE access*, 8, pp. 202312--202353, 2020.
- [12] T. Silva, L. S. Dias, M. L. Nunes, G. Pereira, P. Sampaio, J. A. Oliveira e P. Martins, "Simulation and economic analysis of an AGV system as a mean of transport of warehouse waste in an automotive OEM," *2016 IEEE 19th International Conference*

*on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2016 IEEE 19th International Conference On*, p. 241–246, 2016.

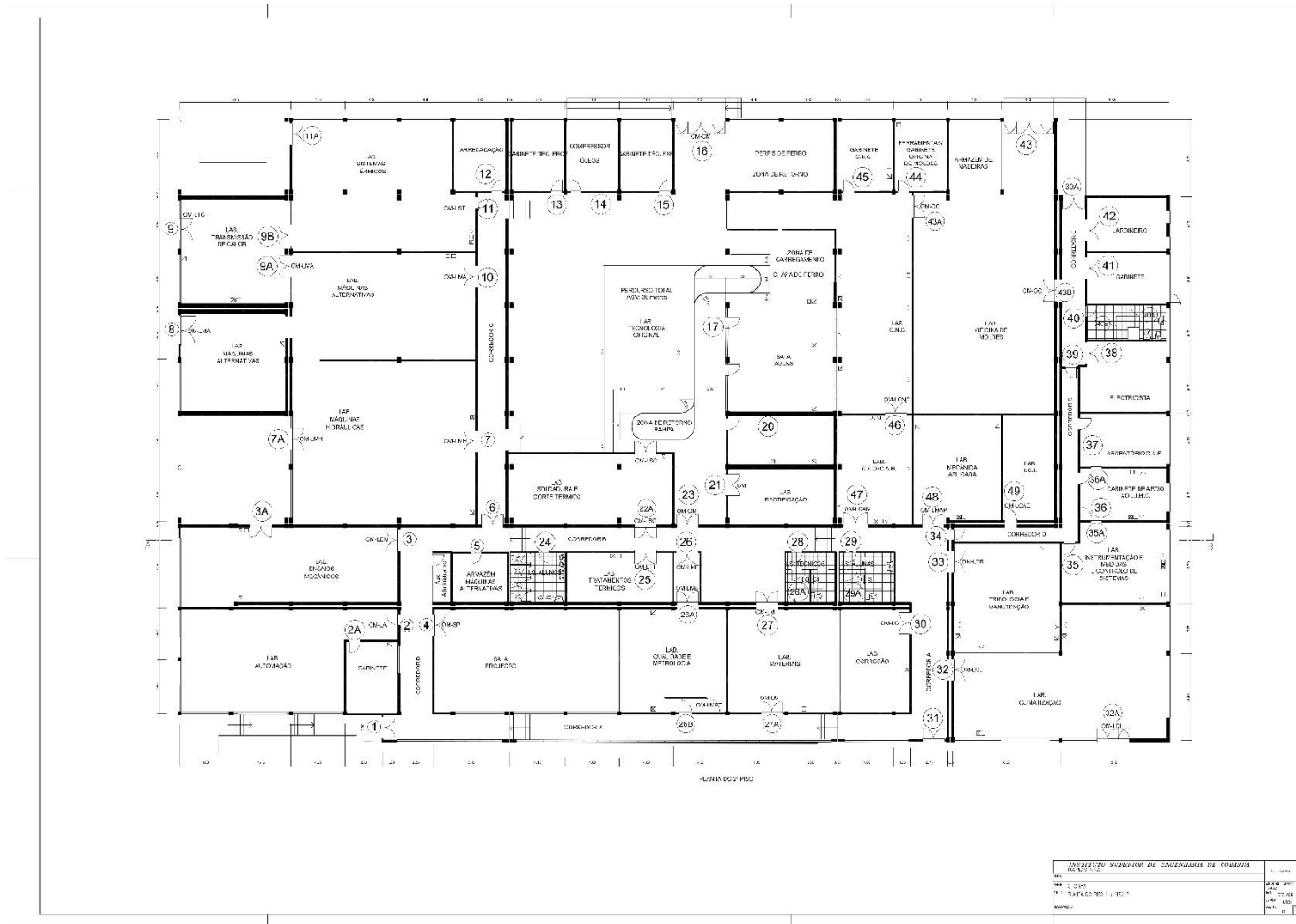
- [13] L. Yang, P. Li, S. Qian, H. Quan, J. Miao, M. Liu, Y. Hu e E. Memetimin, “Path Planning Technique for Mobile Robots: A Review,” *MACHINES*, 11(10), p. 980, 2023.
- [14] F. Freitas e A. Mourão, “Methodological Proposal for an Indoor industrial AGV Implementation,” *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 11(1), pp. 28-35–35, 2019.
- [15] A. Moshayedi, J. Li e L. Liao, “AGV (automated guided vehicle) robot: Mission and obstacles in design and performance,” *Journal of Simulation & Analysis of Novel Technologies in Mechanical Engineering*, vol. 12, pp. 5-0018, 2019.
- [16] L. Earnest, “Stanford Cart,” 2012. [Online]. Available: <https://web.stanford.edu/~learnest/sail/oldcart.html>.
- [17] Computer History Museum, 2024. [Online]. Available: <https://www.computerhistory.org/revolution/artificial-intelligence-robotics/13/289>.
- [18] Locus Robotics, “Locus Origin Collaborative Robot,” 2024. [Online]. Available: <https://locusrobotics.com/locusone/fleet/locus-origin-collaborative-robot>.
- [19] Gaussin, “<https://www.gaussin.com/agv-p>,” 2024. [Online].
- [20] I. Kubasakova, J. Kubanova, D. Benco e D. Kadlecová, “Implementation of Automated Guided Vehicles for the Automation of Selected Processes and Elimination of Collisions between Handling Equipment and Humans in the Warehouse,” *Sensors*, vol. 24, p. 1029, 2024.
- [21] ASTI, MANUAL TRIBOT5000, Burgos, Espanha, 2021.
- [22] ABB, “Autonomous Mobile Robots (AMRs),” 2024. [Online]. Available: <https://new.abb.com/products/robotics/robots/autonomous-mobile-robots>.
- [23] G. Fragapane, R. de Koster, F. Sgarbossa e J. O. Strandhagen, “Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda,” *European Journal of Operational Research, Elsevier*, vol. 294(2), p. 405–426, 2021.
- [24] AGILOX, “Autonomous Mobile Robots | AGILOX,” 2024. [Online]. Available: <https://www.agilox.net/>.
- [25] Imeguisa, “Boomerang,” 2024. [Online]. Available: <https://www.imeguisa.pt/boomerang>.
- [26] AiTEN, “Narrow aisle handling robot-MP10S,suitable for many handling processes,” 2024. [Online]. Available: <https://www.szaiten.com/en/Narrow-aisle->

handling-robot-MP10S-suitable-for-many-handling-processes-PG6366621.

- [27] Linde Material Handling, "The Linde-MATIC range," 2024. [Online]. Available: [https://www.linde-mh.pt/media/Brochures/EN\\_p\\_robotics\\_en\\_a\\_0216.pdf](https://www.linde-mh.pt/media/Brochures/EN_p_robotics_en_a_0216.pdf).
- [28] Foxtron Power Solutions, "Gel Battery vs. Lead Acid: The Differences Explained," 2024. [Online]. Available: <https://www.foxtronpowersolutions.com/gel-battery-vs-lead-acid/>.
- [29] RENOZY, "Everything You Need to Know About Lithium Battery Charging Cycles," 2024. [Online]. Available: <https://au.renogy.com/blog/everything-you-need-to-know-about-lithium-battery-charging-cycles/>.
- [30] S. Lu, C. Xu e R. Y. Zhong, "An Active RFID Tag-Enabled Locating Approach With Multipath Effect Elimination in AGV," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 13(3), pp. 1333-1342, 2016.

## **7 APÊNDICES**

## 7.1 Apêndice 1 – Planta do Piso 1 e Piso 2 – Oficinas



## 7.2 Apêndice 2 – Manual rápido para Tribot 5000

# Manual rápido para operação e programação do Tribot 5000

### Revisão:

01	Eng. W. Melo	Prof. F. Simões e Prof. N. Ferreira	02/06/2024	Adequação de vocabulário e gramática.
00	Eng. W. Melo	Prof. F. Simões e Prof. N. Ferreira	01/05/2024	Versão inicial.
<b>Rev.</b>	<b>Alterado por:</b>	<b>Aprovado por:</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>

### Índice

1	Introdução .....	4
2	O Tribot 5000 .....	4
3	Identificação de partes importantes para operação do AGV .....	4
4	Ligar e colocar o AGV em operação .....	5
5	Parar, mover manualmente, desligar ou voltar o AGV para a operação automática .....	6
6	Ler programa a ser executado, guardar e alterar o programa do AGV .....	9
7	Programa Modelo e suas Funções .....	13
7.1	Entendendo Segmento a Segmento .....	13
7.1.1	Segmento 1 .....	14
7.1.2	Segmento 2 .....	15
7.1.3	Segmento 3 .....	17
7.1.4	Segmento 4 .....	18
7.1.5	Segmento 5 .....	19
7.1.6	Segmento 6 ou 7 .....	20
7.1.7	Segmento nº 8 .....	23
7.1.8	Segmento 9 .....	24
7.1.9	Segmento nº 10 .....	25
7.1.10	Segmento nº 11 .....	26
7.1.11	Segmento nº 12 .....	27
7.1.12	Segmento nº 13 .....	28

## **Imagens**

Figura 1 - Tribot 5000 e seus pontos importantes para uma primeira utilização. ....	5
Figura 2 – Iniciar: rodar a chave para direita por 2 segundos .....	6
Figura 3 - Inicializar: deve-se aguardar a contagem para iniciar as operações .....	6
Figura 4 - Rearmar: carregar no Botão de Rearme. ....	6
Figura 5 - Iniciar operação: carregar no Botão Iniciar, há 4 botões no AGV .....	6
Figura 6 - Parar: carregar no Botão Parar/Emergência, há 4 botões no AGV .....	7
Figura 7 - Destruar: rodar o Botão Parar/Emergência no sentido da seta indicada no botão.....	7
Figura 8 - Operação manual: para executar a movimentação do AGV, o Botão Homem Morto deve estar sempre carregado. ....	8
Figura 9 - Operação manual: para executar a movimentação do AGV de forma manual, executar as operações mencionadas, o manípulo pode ser inclinado para frente, para trás e rodar; essas ações e suas combinações fazem com que o AGV avance, retroceda ou vire. ....	8
Figura 10 - Desligar: rodar a chave para esquerda por 2 segundos .....	9
Figura 11 - Marca na frente do AGV para facilitar o posicionamento.....	9
Figura 12 - Porta frontal aberta.....	10
Figura 13 - Portas Ethernet para a comunicação com o AGV .....	10
Figura 14 - Conectar computador com SIGAT ao AGV através de um cabo de rede.....	10
Figura 15 - Para conectar ao AGV é necessário definir um endereço de IP fixo. ....	11
Figura 16 - Ler, guardar, abrir e gravar programas com o Consola SIGAT Slam.....	12
Figura 17 - Janela informando quantos segmentos serão gravados; alterar se o programa anterior tiver mais segmentos que o novo. ....	12
Figura 18 - Após o AGV ler a etiqueta 11, irá executar o segmento 1. ....	14
Figura 19 - Parâmetros atribuídos ao segmento 1. ....	15
Figura 20 - Segmento 2 iniciado ao ler a etiqueta 12 .....	15
Figura 21 - Parâmetros atribuídos ao segmento 2. ....	16
Figura 22 - Segmento 3 iniciado ao ler a etiqueta 11. ....	17
Figura 23 - Parâmetros atribuídos ao segmento 3. ....	17
Figura 24 - Segmento 4 iniciado ao ler a etiqueta 14. ....	18
Figura 25 - Parâmetros atribuídos ao segmento 4. ....	19
Figura 26 - Segmento 5 iniciado ao ler a etiqueta 15. ....	19
Figura 27 - Parâmetros atribuídos ao segmento 5. ....	20
Figura 28 - Segmento 6 ou 7 iniciado ao ler a etiqueta 14. ....	21
Figura 29 - Parâmetros atribuídos ao segmento 6 ou mudança para segmento 7. ....	21
Figura 30 - Parâmetros atribuídos ao segmento 7. ....	22
Figura 31 - Segmento 8 iniciado ao ler a etiqueta 11. ....	23
Figura 32 - Parâmetros atribuídos ao segmento 8. ....	23
Figura 33 - Segmento nº 9 iniciado ao ler a etiqueta nº 12. ....	24
Figura 34 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº 9. ....	24
Figura 35 – Segmento nº 10 iniciado ao ler a etiqueta nº 11. ....	25
Figura 36 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº10. ....	25
Figura 37 - Segmento 11 iniciado ao ler a etiqueta 14. ....	26
Figura 38 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº11. ....	26
Figura 39 – Segmento nº 12 iniciado ao ler a etiqueta nº 15. ....	27
Figura 40 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº 12. ....	27
Figura 41 - Segmento nº13 ou 1 iniciado ao ler a etiqueta nº 14. ....	28
Figura 42 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº 13. ....	28

**Tabelas**

Tabela 1 - Programa exportado da aplicação Consola SIGAT-Slam.....13

## **1 INTRODUÇÃO**

Este manual foi criado com o intuito de fornecer um material para a rápida perceção por parte dos alunos sobre como operar o AGV Tribot 5000 e realizar leituras e alterações no programa. Este documento não substitui os manuais de operação e manutenção disponibilizados pelo fabricante.

[Manual SIGAT](#)

[Manual de Manutenção](#)

[Manual da máquina TriBOT 5000](#)

[Manual do usuário TriBOT 5000](#)

## **2 O TRIBOT 5000**

O AGV Tribot 5000, como se apresenta na Figura 1, é um robô rebocador que utiliza uma guia magnética para poder seguir os caminhos, executando as operações inseridas no seu programa de tarefas a realizar. Este equipamento permite aos utilizadores a configuração da velocidade de avanço até 2000 mm/s, realizar paragens, aguardar sinais de comando, parar por determinado tempo, alterar as áreas de segurança, emitir ou não som quando se movimenta, entre muitas outras funções. É importante notar que, por questões de segurança, o robô sempre emitirá um som quando estiver a realizar movimentos curvilíneos, e que as áreas de segurança só podem ser alteradas para velocidades inferiores a 300 mm/s, acima deste valor, serão assumidas as áreas de segurança por defeito.

Quando a antena RFID deteta uma etiqueta, o AGV identifica uma determinada posição, definida pela numeração dessa etiqueta, e executa a operação gravada pelo utilizador através do programa SIGAT UniAGV.

Se o valor da etiqueta lida não for o esperado, o robô irá procurar essa identificação de forma sequencial no seu programa, até encontrar a informação pretendida. Se essa informação não for encontrada, a etiqueta será ignorada.

## **3 IDENTIFICAÇÃO DE PARTES IMPORTANTES PARA OPERAÇÃO DO AGV**

Na Figura 1 estão indicadas as principais partes que o utilizador deve ter atenção no primeiro contacto com o Tribot 5000, todas as zonas indicadas serão utilizadas nas operações a seguir.



Figura 1 - Tribot 5000 e seus pontos importantes para uma primeira utilização.

#### 4 LIGAR E COLOCAR O AGV EM OPERAÇÃO

A seguir, apresenta-se um passo-a-passo de como ligar e colocar o AGV em operação, caso este esteja desligado. É necessário que o AGV possua um programa funcional gravado para poder ser executado.

Estando o AGV desligado, realizar as seguintes operações.

- 1) Ligar - com a chave no Interruptor Liga/Desliga, rodar a chave para a direita e manter a posição durante 2 segundos, como se apresenta na Figura 2.
- 2) Inicializar – aguardar a contagem decrescente de 10 a 0 conforme se apresenta no ecrã, representado na Figura 3.
- 3) Rearmar – carregar no Botão de Rearme para que o AGV esteja preparado para iniciar as operações, representado na Figura 4.
- 4) Iniciar operação – carregar em algum dos Botões Iniciar (botões de cor verde) para poder arrancar com o programa carregado no AGV, conforme se mostra a Figura 5. Há quatro destes botões ao redor do robô.



Figura 2 – Iniciar: rodar a chave para direita por 2 segundos



Figura 3 - Inicializar: deve-se aguardar a contagem para iniciar as operações



Figura 4 - Rearmar: carregar no Botão de Rearme.



Figura 5 - Iniciar operação: carregar no Botão Iniciar, há 4 botões no AGV

## **5 PARAR, MOVER MANUALMENTE, DESLIGAR OU VOLTAR O AGV PARA A OPERAÇÃO AUTOMÁTICA**

As seguintes instruções são para parar/imobilizar o AGV se este estiver em operação, movimentá-lo até ao ponto desejado através do comando, desligá-lo ou retornar à operação automática.

- 1) Parar - numa trajetória segura, aproximar-se do AGV e carregar num dos Botões de Parar/Emergência (todos de cor vermelha), para sair da operação automática conforme se mostra na Figura 6. Após o AGV parar, é necessário destravar o Botão Parar/Emergência rodando-o no sentido da seta indicada no botão, ver Figura 7.



Figura 6 - Parar: carregar no Botão Parar/Emergência, há 4 botões no AGV



Figura 7 - Destruvar: rodar o Botão Parar/Emergência no sentido da seta indicada no botão

- 2) Rearmar – carregar no Botão de Rearme para que o AGV esteja preparado para iniciar todas as operações, conforme se mostra na Figura 4.
- 3) Operação manual - com o comando nas mãos e o cabo virado para cima, é necessário pressionar e manter pressionado o Botão Homem Morto, conforme mostrado na Figura 8. No ecrã deverá aparecer o código 180 indicando que o robô está em operação manual. Deve-se movimentar e rodar a alavanca para efetuar o deslocamento do robô, na Figura 9 estão relacionadas as operações que fazem com que o AGV possa deslocar-se.



Figura 8 - Operação manual: para executar a movimentação do AGV, o Botão Homem Morto deve estar sempre carregado.



Figura 9 - Operação manual: para executar a movimentação do AGV de forma manual, executar as operações mencionadas, o manipulô pode ser inclinado para frente, para trás e rodar; essas ações e suas combinações fazem com que o AGV avance, retroceda ou vire.

- 4) Desligar – após posicionar o AGV no local desejado, para desligar é necessário rodar a chave no Interruptor Liga/Desliga para a esquerda e manter a posição durante 2 segundos, conforme se apresenta na Figura 10.
- 5) Retornar a operação automática – após posicionar o AGV no local desejado carregar em algum dos Botões Iniciar para retornar ao programa carregado, ver Figura 5. Notar que a antena que lê a banda magnética deve estar a detetá-la, para facilitar o posicionamento há uma marca na frente do robô conforme mostrado na Figura 11, a marca deve estar alinhada com a fita magnética.



Figura 10 - Desligar: rodar a chave para esquerda por 2 segundos



Figura 11 - Marca na frente do AGV para facilitar o posicionamento

## 6 LER PROGRAMA A SER EXECUTADO, GUARDAR E ALTERAR O PROGRAMA DO AGV

As seguintes instruções detalham a forma de: ler o programa que está a ser executado no AGV, como guardar o programa executado, efetuar alterações ao programa e carregá-lo no robô para a execução.

- 1) Parar - numa trajetória segura, aproximar-se do AGV e carregar num dos Botões Parar/Emergência para sair da operação automática. Após o AGV parar, destravar o Botão Parar/Emergência.
- 2) Ligação do AGV - abrir a porta frontal, ver Figura 12, para ter acesso às portas Ethernet RJ-45, pelas quais será realizada a comunicação com o AGV, como mostra a Figura 13. É necessário ligar um cabo de rede numa das portas do AGV e ao computador que tenha o programa SIGAT instalado, ver Figura 14.

## Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Académico e Industrial



Figura 12 - Porta frontal aberta



Figura 13 - Portas Ethernet para a comunicação com o AGV

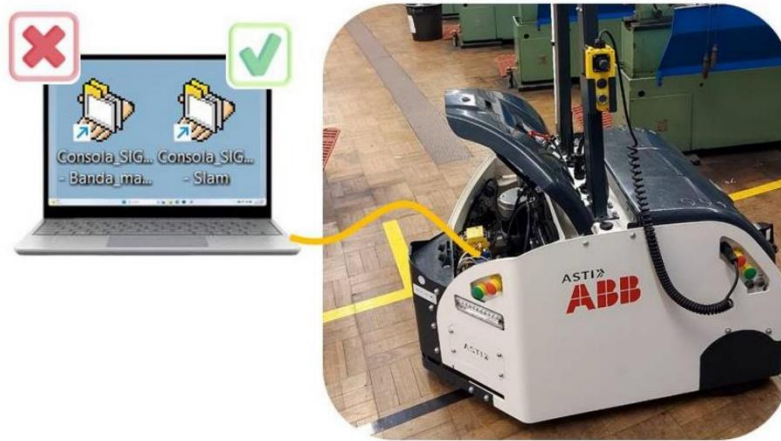


Figura 14 - Conectar computador com SIGAT ao AGV através de um cabo de rede

- 3) Alterar IP - no computador é necessário alterar o endereço IP para qualquer valor entre 192.168.3.101 e 192.168.3.999. Para isso, aceder a: Propriedades de Protocolo IP versão 4 (TCP/Ipv4), conforme mostrado na Figura 15.

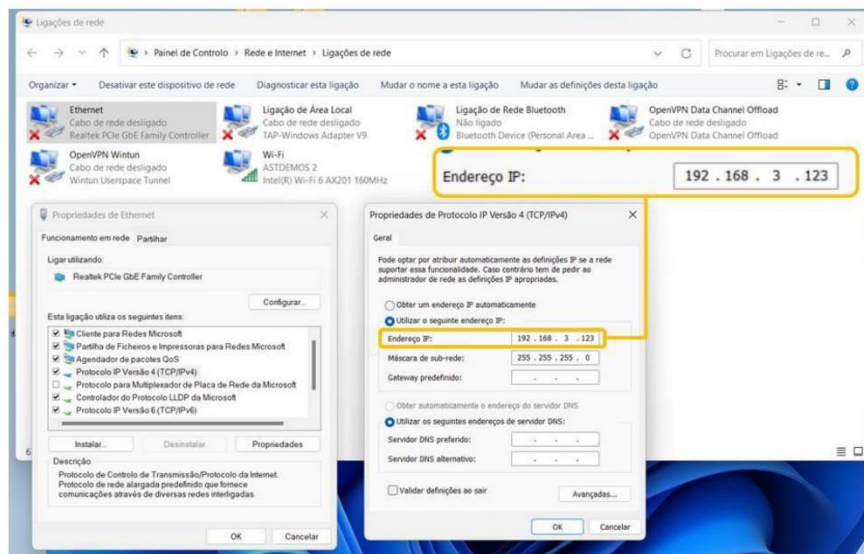


Figura 15 - Para conectar ao AGV é necessário definir um endereço de IP fixo.

- 4) Ler um programa em execução - iniciar a aplicação Consola SIGAT-Slam, conforme mostra a Figura 14. Na janela do lado esquerdo, abrir a árvore do ícone “Visualización y edición de datos” e, em seguida, clicar com botão direito no ícone “Tabla de trabajo” para visualizar uma caixa de seleção flutuante. Selecionar a opção “Leer tabla de trabajo desde el AGV” (Figura 16). Os dados atuais do AGV serão carregados na Consola SIGAT para visualização e edição.
- 5) Guardar programa - para guardar o programa em visualização na aplicação Consola SIGAT-Slam, abra a árvore do ícone “Visualización y edición de datos” e, em seguida, clicar com botão direito no ícone “Tabla de trabajo” para visualizar uma caixa de seleção flutuante. Selecionar a opção “Guardar tabla de trabajo como”, conforme representado na Figura 16.
- 6) Abrir programa - para abrir o programa guardado no computador com a aplicação Consola SIGAT-Slam, abrir a árvore do ícone “Visualización y edición de datos” e, em seguida, clicar com botão direito no ícone “Tabla de trabajo” para visualizar uma caixa de seleção flutuante. Selecionar a opção “Abrir otra tabla de trabajo”, ver Figura 16.
- 7) Carregar novo/atualizado programa no AGV - para escrever o programa em visualização na aplicação Consola SIGAT-Slam, abrir a árvore do ícone “Visualización y edición de datos” e, em seguida, clicar com botão direito no ícone “Tabla de trabajo” para visualizar uma caixa de seleção flutuante. Selecionar a opção “Escribir tabla de trabajo local al AGV” (Figura 16). Abrirá uma janela com o número de segmentos a

## Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Académico e Industrial

serem gravados. Caso o programa anterior tenha mais segmentos, deve-se alterar esse parâmetro e colocar o mesmo número de segmentos do programa anterior; assim, as linhas adicionais ao novo programa assumirão valor zero (Figura 17).

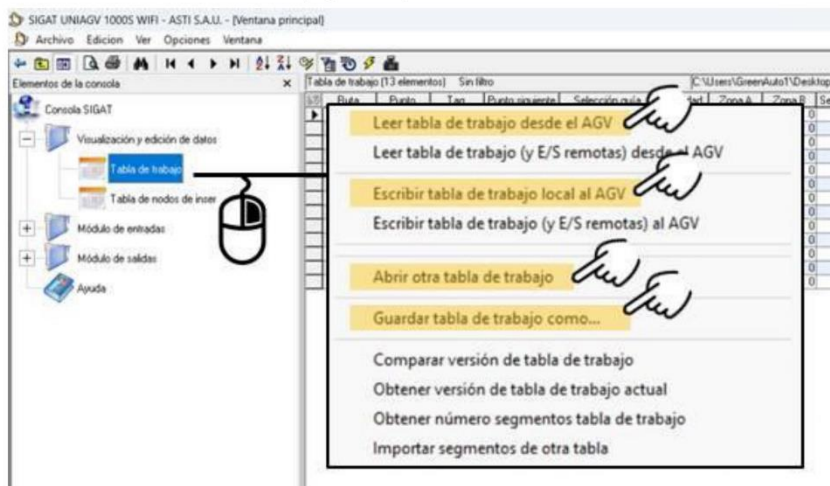


Figura 16 - Ler, guardar, abrir e gravar programas com o Consola SIGAT Slam.

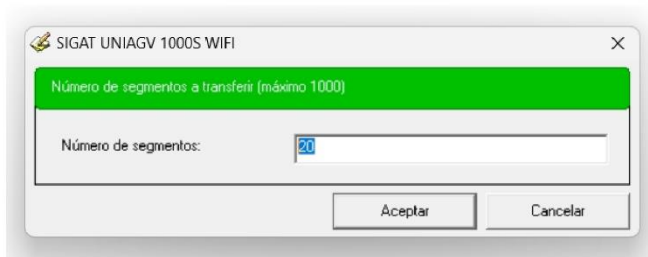


Figura 17 - Janela informando quantos segmentos serão gravados; alterar se o programa anterior tiver mais segmentos que o novo.

## 7 PROGRAMA MODELO E SUAS FUNÇÕES

Na Tabela 1 está apresentado um programa modelo que utiliza o percurso criado para o AGV nas oficinas do ISEC; este percurso explora o máximo de funções atualmente disponíveis para a utilização do equipamento.

Ruta	Punto	Tag	Punto siguiente	Selección guía	Velocidad	Zona A	Zona B	Seguridades perimetrales	COMENTARIO	Acciones a ejecutar durante el	Acciones Bloque 1 ejecutar an	Acciones Bloque 2 ejecutar an	Operaciones 3	Entrada Zona	Salidas activadas	Nº ruta encadenada	Información binaria 2	Información binaria 1	IDREGISTRO	IDSEGMENTO	RUTA	PUNTO
1	1	11	2	Avance centro	500	0	0	0	Avança.	0	0	0	0	0	0	0	16	16384	138529	1	1	1
1	2	12	3	Avance derecha	300	0	0	0	Virar a direita; sem som; esperar 10s.	0	16	0	0	0	0	0	276	16384	138533	13	1	2
1	3	11	4	Avance centro	750	0	0	0	Avançar; sem som.	0	0	0	0	0	0	0	272	0	138530	3	1	3
1	4	14	5	Avance derecha	300	0	0	0	Virar a direita; aguarda apertar no verde.	0	1	0	0	0	0	0	20	16384	138531	5	1	4
1	5	15	6	Avance centro	500	0	0	0	Avançar.	0	0	0	0	0	0	0	16	0	138532	11	1	5
1	6	14	1	Avance centro	750	0	0	0	Avançar; aguarda comando para mudar para seguimento 7 por 20s.	0	1	16	0	0	0	1792	272	16416	138534	15	1	6
1	7	14	8	Avance centro	200	0	0	0	Avançar.	0	0	0	0	0	0	0	16	0	138535	12	1	7
1	8	11	9	Avance derecha	300	0	0	0	Virar a direita; bifurcação.	0	0	0	0	0	0	0	272	16384	138536	6	1	8
1	9	12	10	Avance centro	1000	0	0	0	Avançar.	0	16	0	0	0	0	0	276	16384	138537	7	1	9
1	10	11	11	Avance centro	1000	0	0	0	Avançar.	0	0	0	0	0	0	0	272	16384	138538	8	1	10
1	11	14	12	Avance centro	300	0	0	0	Avançar.	0	0	0	0	0	0	0	16	16384	138539	9	1	11
1	12	15	13	Avance izquierda	300	0	0	0	Virar a esquerda.	0	0	0	0	0	0	0	16	16384	138540	10	1	12
1	13	14	8	Avance centro	750	0	0	0	Avançar; aguarda comando para mudar para seguimento 1 por 20s.	0	1	16	0	0	0	256	16	16416	138541	16	1	13

Tabela 1 - Programa exportado da aplicação Consola SIGAT-Slam.

### 7.1 Entendendo Segmento a Segmento

A seguir, pode-se observar o que cada linha do programa modelo irá executar durante o percurso.

Para que o programa seja executado da forma como foi idealizado, o AGV deve estar posicionado entre as etiquetas 11 e 14 e direcionado para a etiqueta 11, conforme mostrado na Figura 18.

Após o AGV estar devidamente posicionado, iniciar o programa seguindo os passos anteriormente apresentados.

### 7.1.1 Segmento 1

Depois de o Tribot 5000 ler a etiqueta 11, irá executar o segmento 1, conforme mostra a Figura 18, onde executa o comando avançar a uma velocidade de 500 mm/s, conforme pode ser visto na Tabela 1.

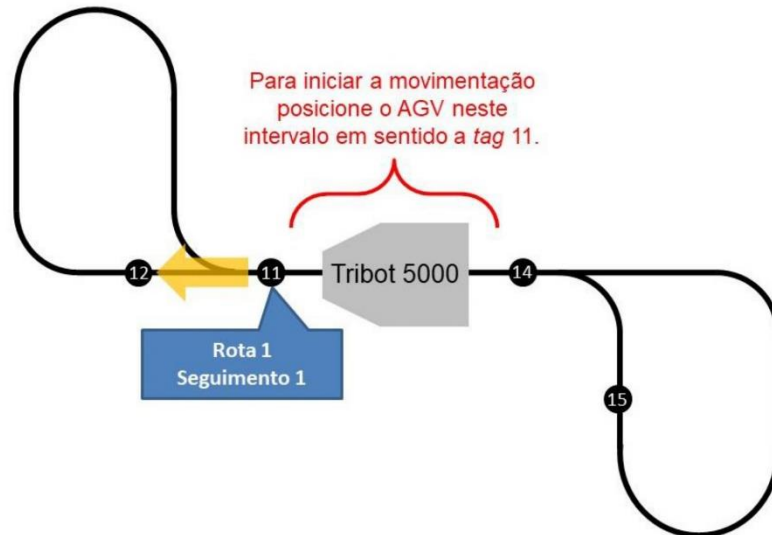


Figura 18 - Após o AGV ler a etiqueta 11, irá executar o segmento 1.

Ao dar duplo clique na linha do primeiro segmento (ver Tabela 1) serão exibidos os parâmetros estabelecidos, apresentados na (Figura 19).

Parâmetros importantes que devem ser observados nesta ecrã.

- *ID* – define o valor que a etiqueta deve ter para que o AGV possa iniciar o segmento.
- *Punto* – define qual o segmento que inicia com o valor da ID atribuído a etiqueta.
- *Seguiente* – define qual será o próximo segmento a ser procurado.
- *Comentários* – caixa de texto onde se pode criar notas de consulta para o parâmetro.
- *Selección guía* – define a ação a ser executada pelo robô.
- *Velocidad (mm/seg)* – define a velocidade de deslocamento máxima para este segmento.
- *Aceptar* – no caso de algum campo seja alterado é necessário clicar no botão Aceptar.

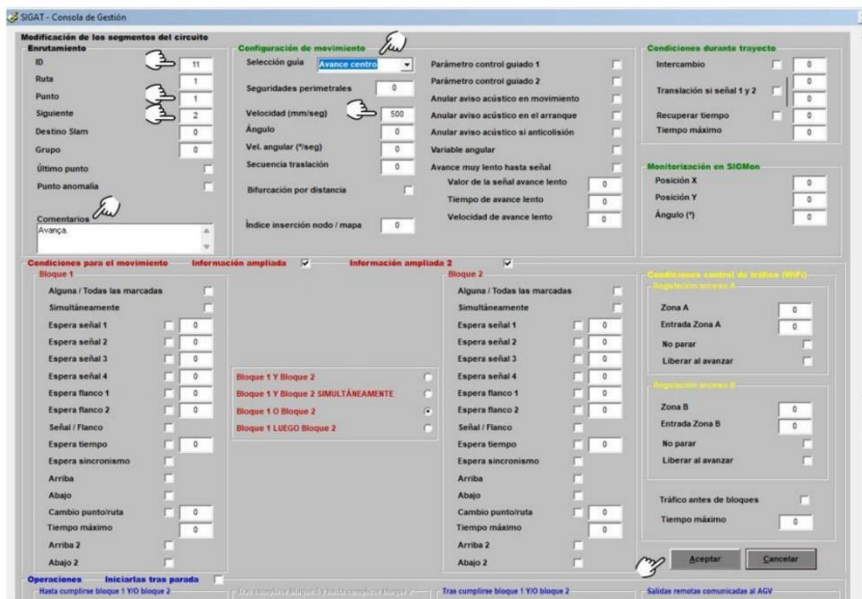


Figura 19 - Parâmetros atribuídos ao segmento 1.

### 7.1.2 Segmento 2

Ao ler a etiqueta 12, o AGV irá reconhecer que deve iniciar o segmento 2, conforme mostrado na Figura 20.

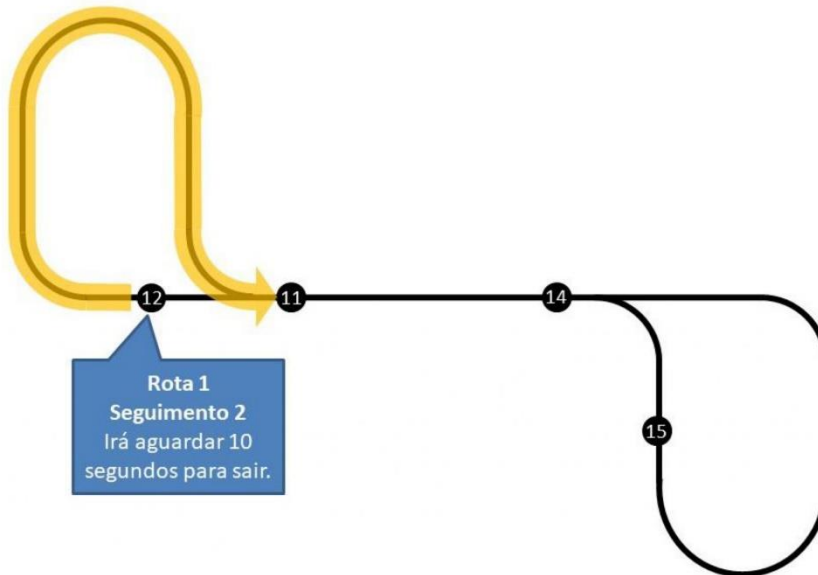


Figura 20 - Segmento 2 iniciado ao ler a etiqueta 12

Parâmetros importantes que devem ser observados neste segmento (Figura 21).

- “Anular aviso acústico en movimiento” – se ativo, pára de emitir uma alerta sonora de indicação de movimentação do AGV, por questões de segurança esta função não pode ser executada em curvas.
- “Información ampliada” – habilita parâmetros para configuração.
- “Espera tiempo” – fará com que o AGV fique parado pelo período indicado em segundos, neste caso serão 10 segundos.
- “Bloque 1 Y Bloque 2” – campo de seleção de “Condiciones para el movimiento”, com esta opção ativa, o bloco 1 (onde está a ordem para esperar 10 segundos) e o bloco 2 devem ser cumpridos para a movimentação ocorrer.

Também é importante notar as alterações nos outros parâmetros, em especial o ID que agora indica o valor 12, sendo este o valor que irá iniciar o segmento 2. No campo “Seguiente” está definido o valor 3, que será o próximo segmento a ser procurado. Outro parâmetro importante também alterado foi o “Selección guía”, onde foi atribuído o comando “Avance derecha”, que fará o AGV avançar virando para a direita.

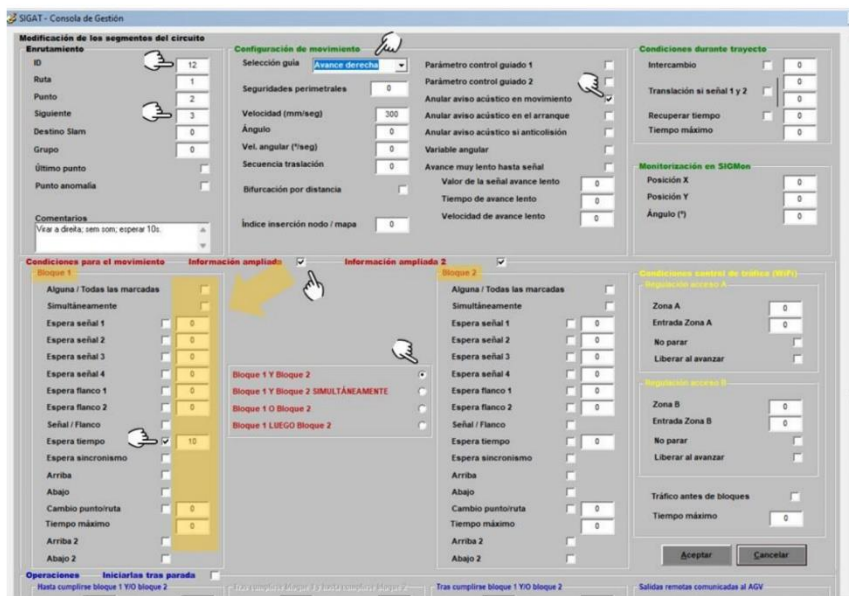


Figura 21 - Parâmetros atribuídos ao segmento 2.

### 7.1.3 Segmento 3

O próximo será o segmento 3, conforme se mostra na Figura 22 e na Figura 23, onde o AGV procura a etiqueta com valor 11 para ser iniciado.

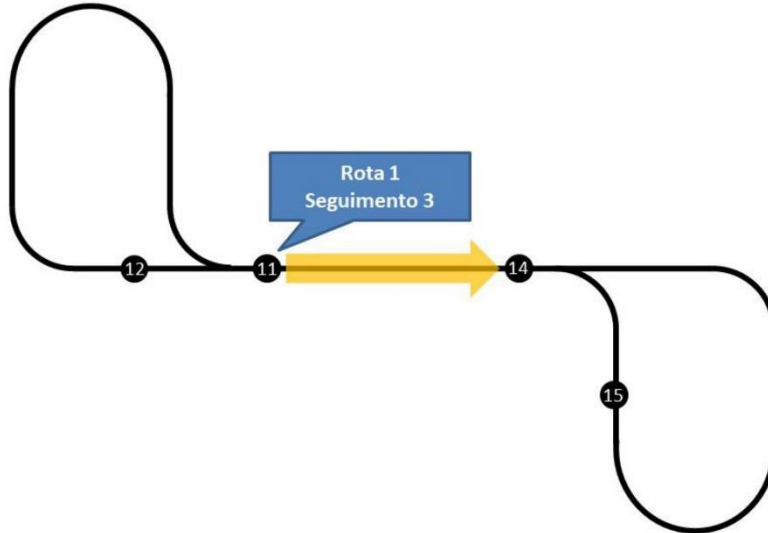


Figura 22 - Segmento 3 iniciado ao ler a etiqueta 11.

Abaixo é possível verificar os parâmetros atribuídos ao segmento 3.

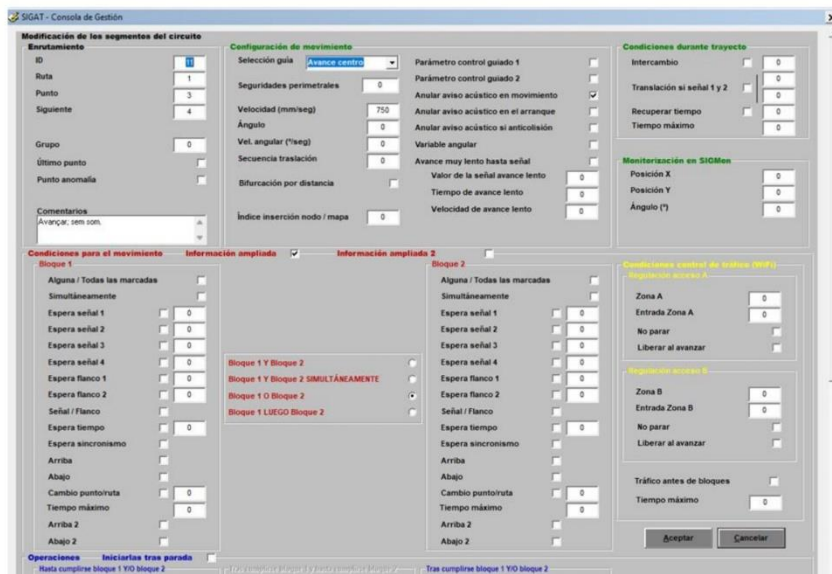


Figura 23 - Parâmetros atribuídos ao segmento 3.

#### 7.1.4 Segmento 4

Após a etiqueta 11, o AGV irá ler a etiqueta 14 que dará início ao segmento 4, apresentado na Figura 24. Ao ler esta etiqueta, o robô irá parar e aguardar que o operador carregue num dos Botões Iniciar (botões verdes); essa operação é possível de ser configurada no Bloque 1, onde é adicionado o valor 122 que é o valor recebido pelo CLP ao carregar no Botão Iniciar, conforme mostrado na Figura 25. É importante observar que o Bloque 1 e o Bloque 2 devem ser atendidos para iniciar a movimentação, portanto, o AGV irá aguardar indefinidamente até que algum Botão Iniciar seja pressionado.

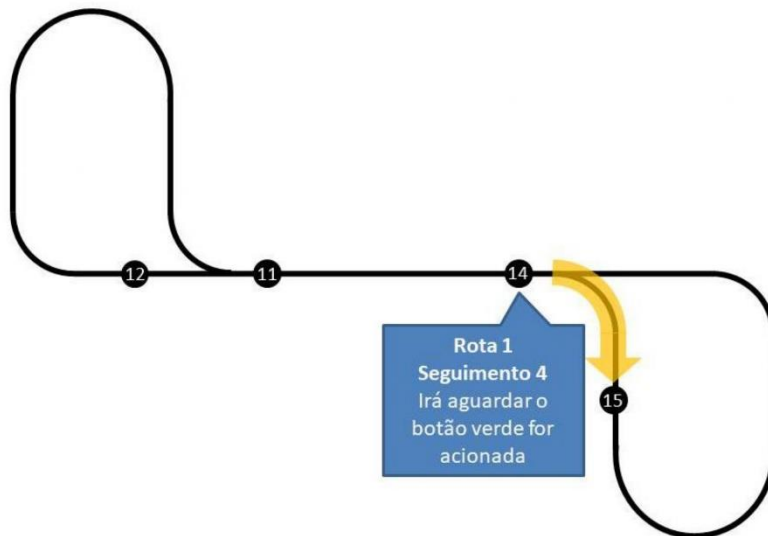


Figura 24 - Segmento 4 iniciado ao ler a etiqueta 14.

Notar que neste segmento o AGV irá passar por uma bifurcação, devendo seguir pela pista da direita, conforme se mostra na Figura 24. Para forçar que esta seja a pista tomada, em “Ângulo” pode-se colocar 15 (Figura 25), desta forma, o robô ficará com a roda direcional levemente inclinada para a direita, garantindo que selecione a pista correta na bifurcação. Esta estratégia foi desenvolvida pois, durante os testes práticos, o AGV por vezes não seguia pela pista desejada.

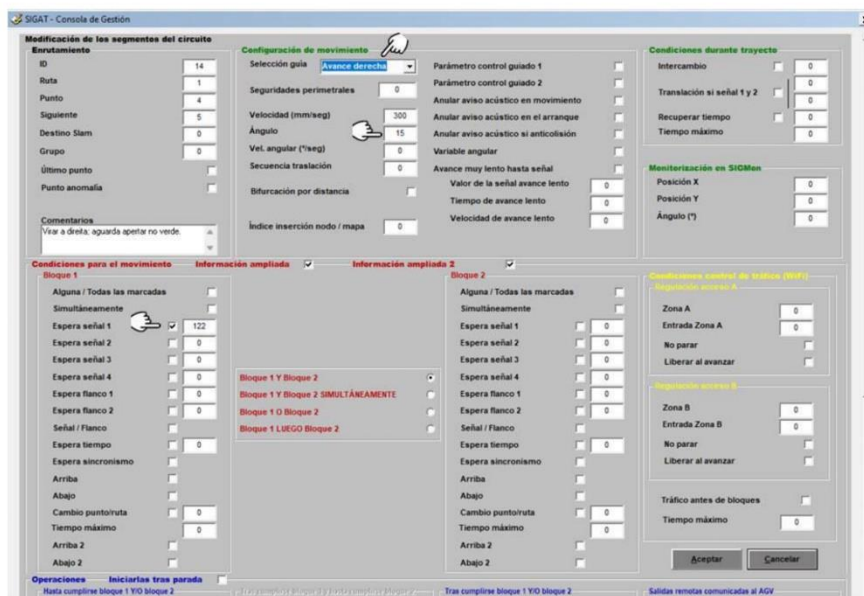


Figura 25 - Parâmetros atribuídos ao segmento 4.

### 7.1.5 Segmento 5

Ao passar pela etiqueta 15, é iniciado o segmento 5, apresentado na Figura 26, onde o AGV é atuado com um comando para seguir a uma velocidade de 500 mm/s, conforme se mostra na Figura 27.

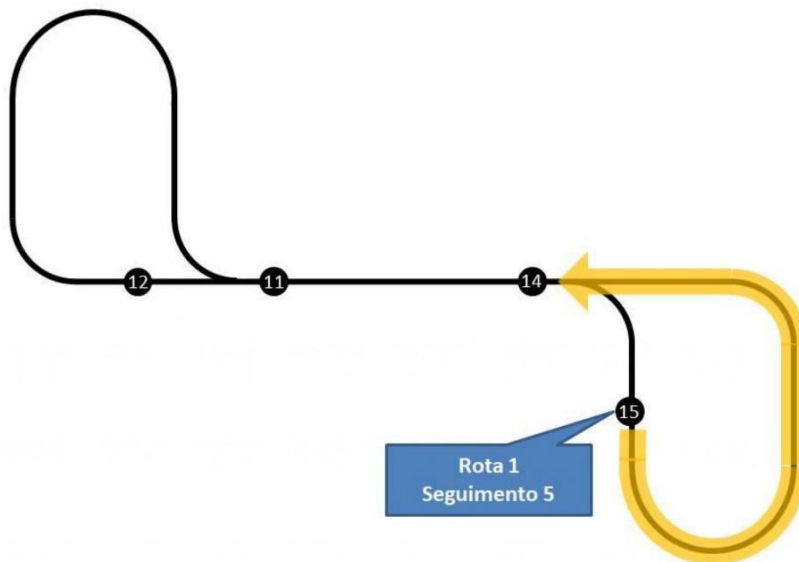


Figura 26 - Segmento 5 iniciado ao ler a etiqueta 15.

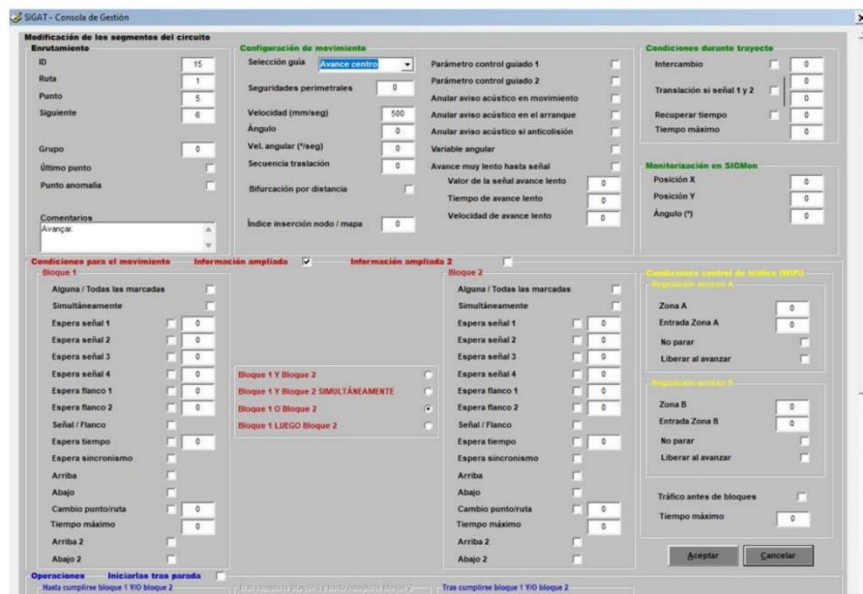


Figura 27 - Parâmetros atribuídos ao segmento 5.

### 7.1.6 Segmento 6 ou 7

Ao passar pela próxima etiqueta, o operador será novamente convidado a interagir com o AGV, conforme se apresenta na Figura 28. Se o operador carregar num Botão Iniciar, este saltará o segmento 6, assumindo que está no segmento 7. No entanto, se em 20 segundos, nenhum Botão Iniciar for carregado, a condição do Bloque 2 será cumprida e o AGV continuará o seu movimento no segmento 6, sendo 1 o próximo segmento. Desta forma, todos os passos anteriores serão repetidos, conforme se mostra nas Figura 29 e Figura 30.

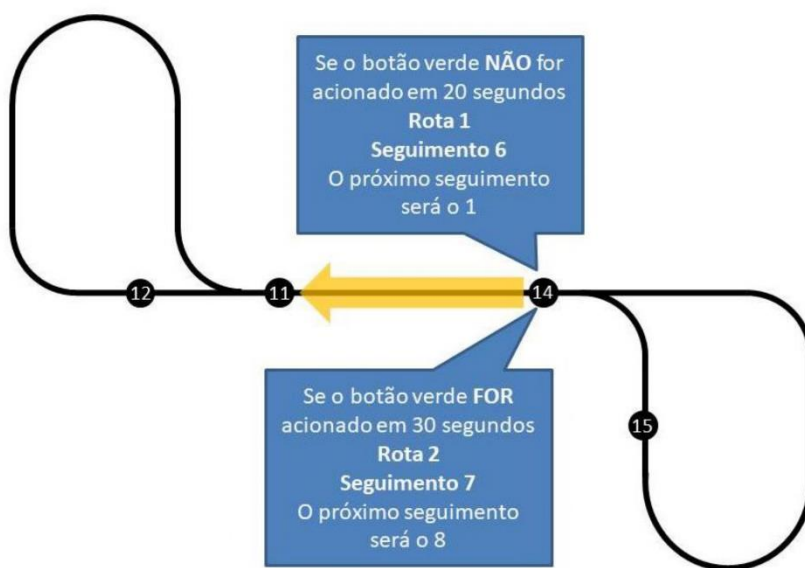


Figura 28 - Segmento 6 ou 7 iniciado ao ler a etiqueta 14.

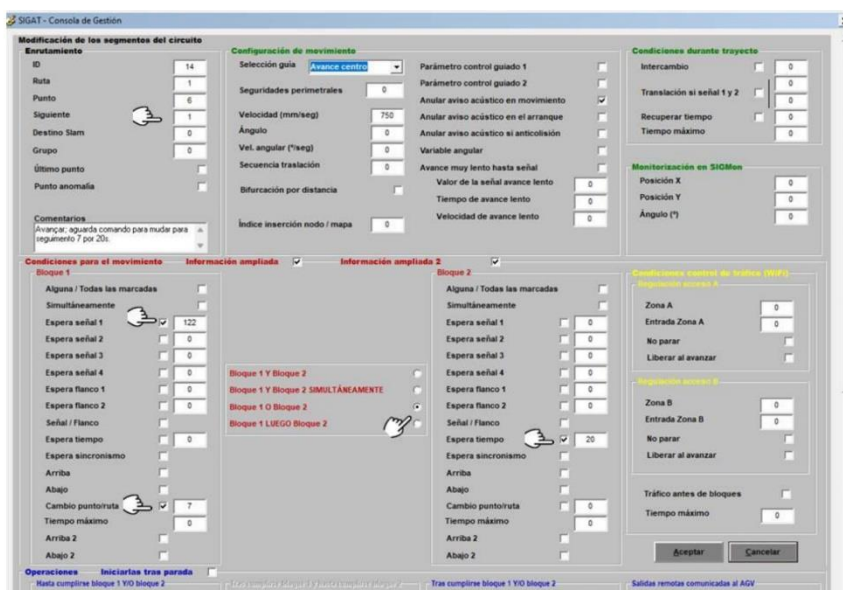


Figura 29 - Parâmetros atribuídos ao segmento 6 ou mudança para segmento 7.

## Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Acadêmico e Industrial

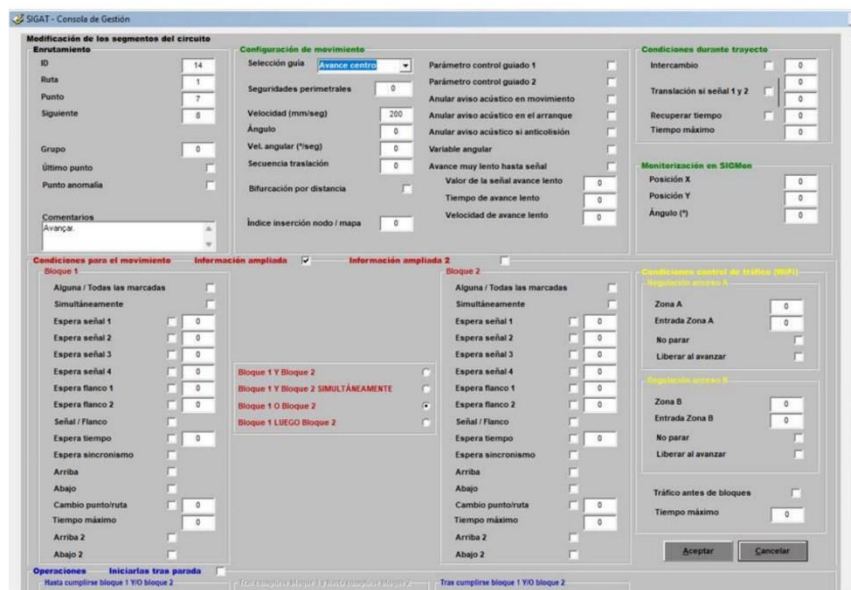


Figura 30 - Parâmetros atribuídos ao segmento 7.

A seguir, são apresentados os segmentos 8 a 13 nas Figura 31 a Figura 42, bem como os seus respetivos parâmetros. Para esses segmentos foram utilizadas as funções já mencionadas; porém, o AGV percorrerá um caminho diferente.

Na etiqueta 14, após o segmento 12, o operador deverá informar, pressionando o Botão Iniciar, se deseja retornar ao segmento 1 ou, ao não carregar em nenhum dos Botões Iniciar, se prefere que o roteiro seja repetido a partir do segmento 7.

7.1.7 Segmento nº 8

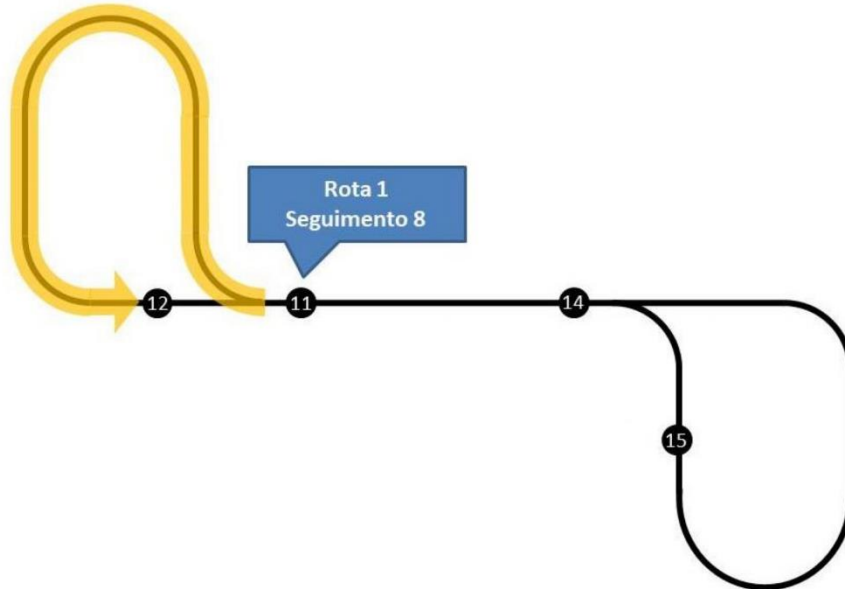


Figura 31 - Segmento 8 iniciado ao ler a etiqueta 11.

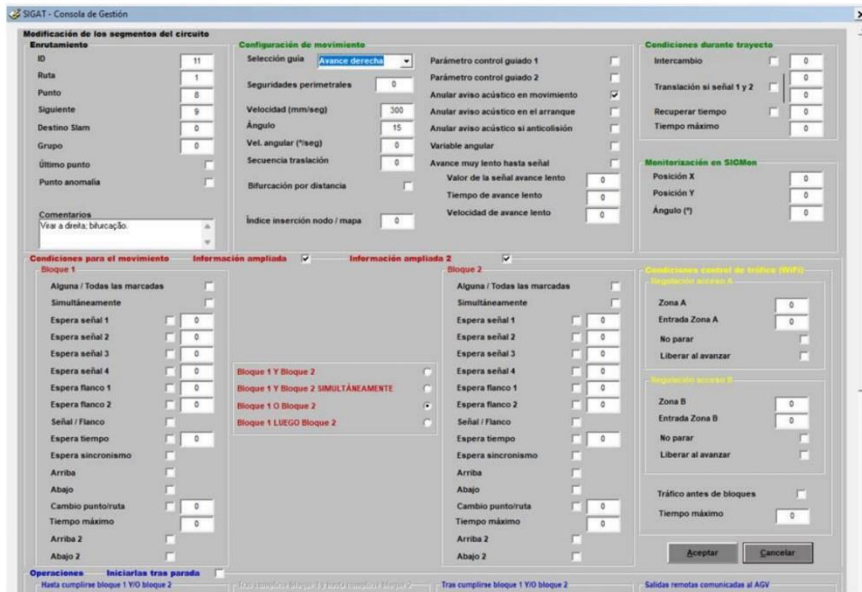


Figura 32 - Parâmetros atribuidos ao segmento 8.

### 7.1.8 Segmento 9

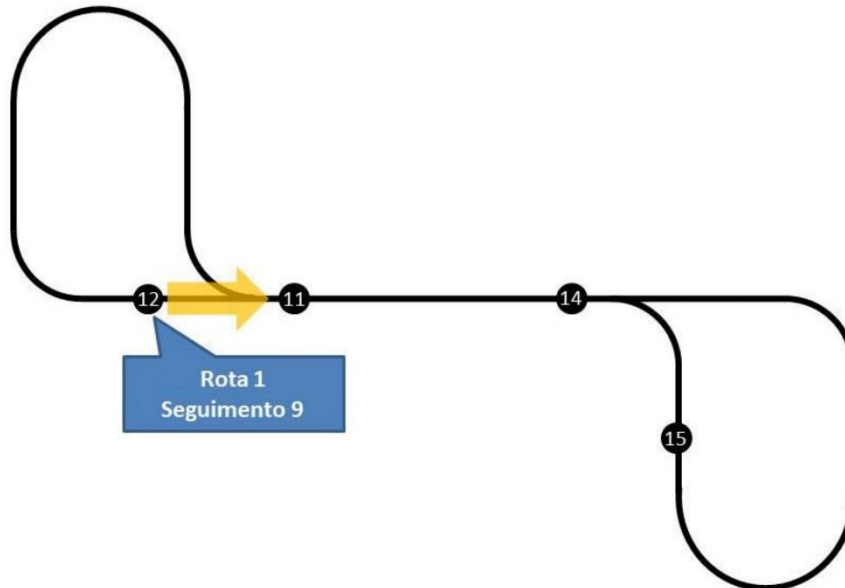


Figura 33 - Segmento nº 9 iniciado ao ler a etiqueta nº 12.

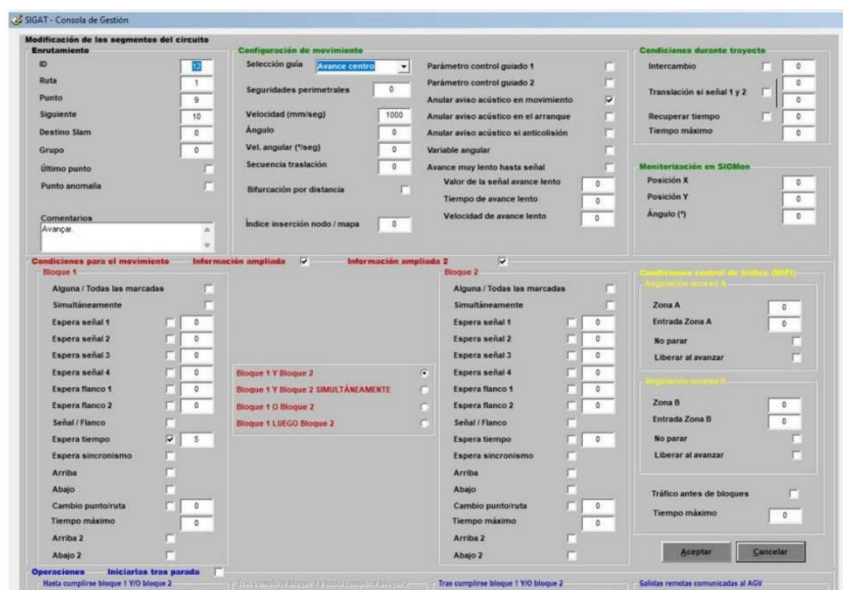


Figura 34 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº 9.

7.1.9 Segmento nº 10

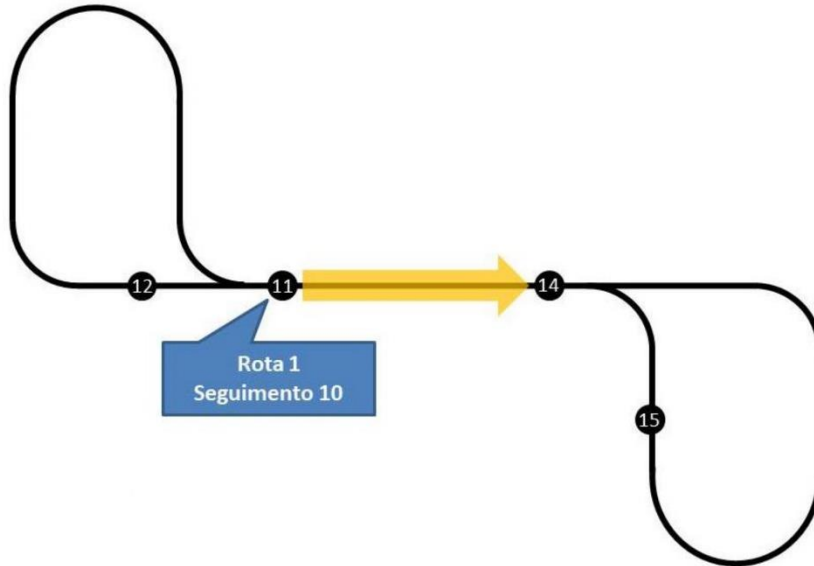


Figura 35 – Segmento nº 10 iniciado ao ler a etiqueta nº 11.

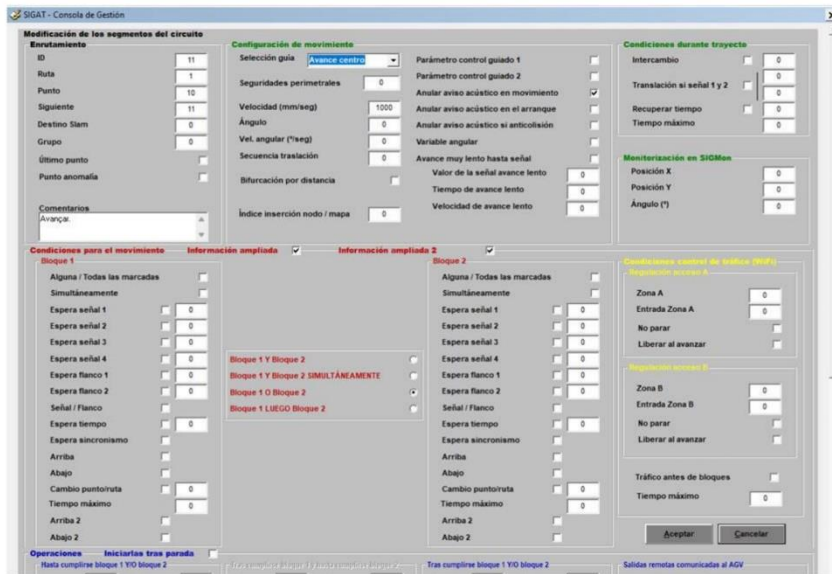


Figura 36 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº10.

7.1.10 Segmento nº11

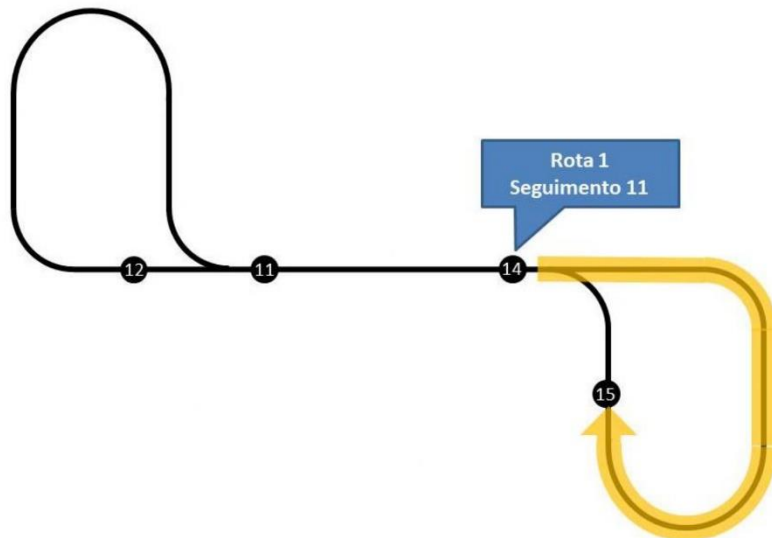


Figura 37 - Segmento 11 iniciado ao ler a etiqueta 14.

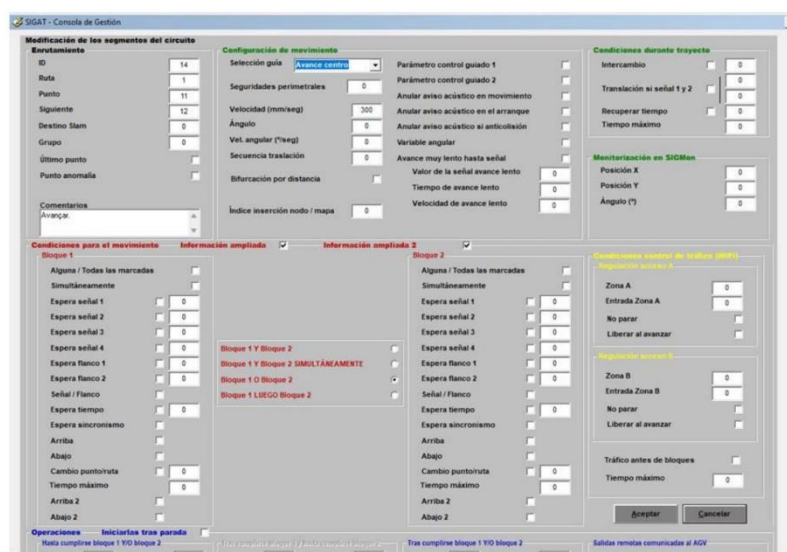


Figura 38 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº11.

7.1.11 Segmento nº 12

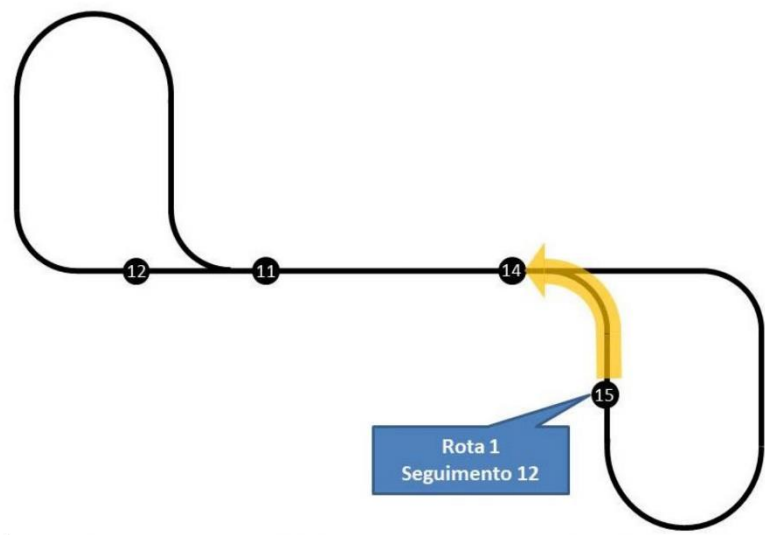


Figura 39 – Segmento nº 12 iniciado ao ler a etiqueta nº 15.

La imagen muestra la interfaz de gestión SIGAT con los siguientes campos de configuración:

- Enrutamiento:** ID: 15, Ruta: 1, Punto: 12, Siguiente: 13, Destino Slam: 0, Grupo: 0, Último punto: 0, Punto anomalía: [desactivado].
- Configuración de movimiento:** Selección guía: Avance izquierdo, Seguridad perimetral: 0, Velocidad (mm/seg): 300, Ángulo: 0, Vel. angular (°/seg): 0, Secuencia traslación: 0, Bitaricación por distancia: [desactivado], Índice inserción nodo / mapa: 0.
- Parámetros control guiado:** Parámetro control guiado 1 y 2: [desactivados].
- Condiciones durante trayecto:** Intercambio, Traslación si señal 1 y 2, Recuperar tiempo, Tiempo máximo: [desactivados].
- Monitorización en SIOMen:** Posición X, Posición Y, Ángulo (°): [desactivados].
- Condiciones para el movimiento:** Bloque 1 y Bloque 2 con opciones de espera y liberación.
- Operaciones:** Iniciarlas tras parada, Ruta cumple bloque 1 Y/O bloque 2.

Figura 40 - Parâmetros atribuídos ao segmento nº 12.

7.1.12 Segmento nº 13

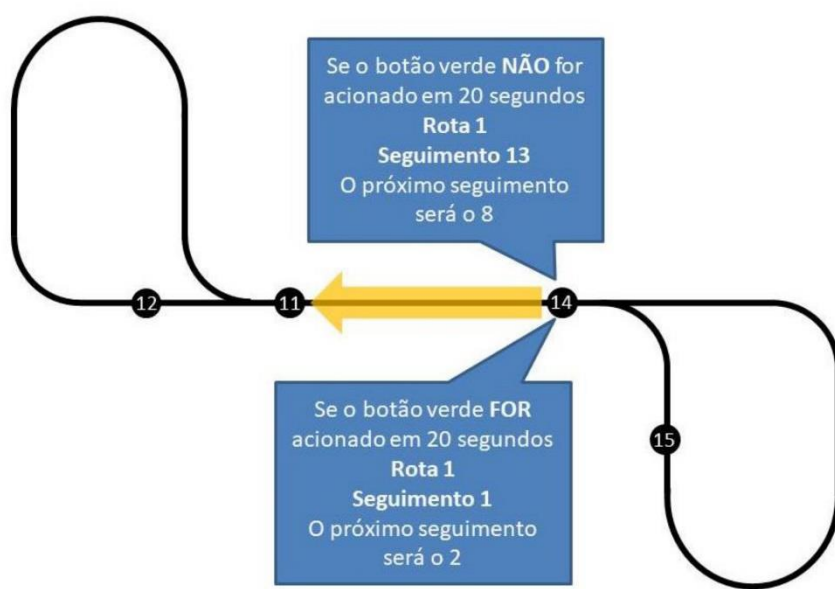


Figura 41 - Segmento nº13 ou 1 iniciado ao ler a etiqueta nº 14.

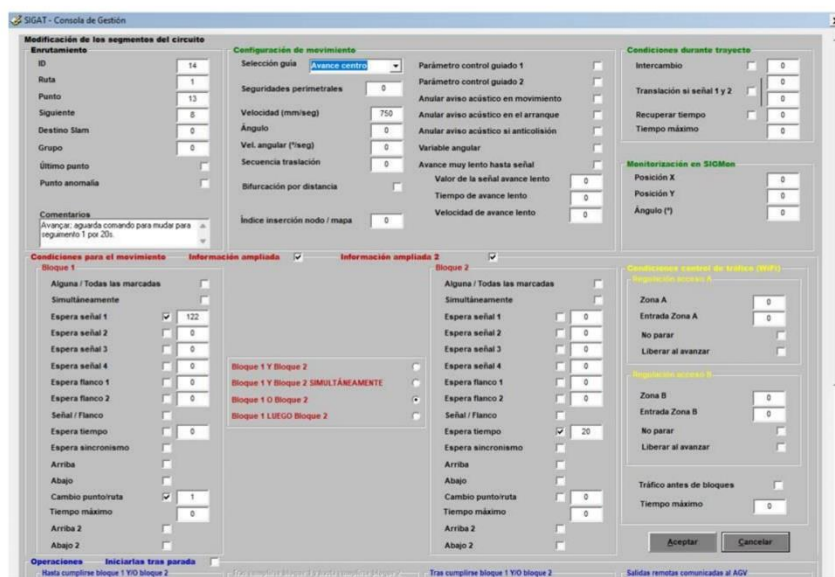


Figura 42 - Parâmetros atribuidos ao segmento nº 13.

## 7.3 Apêndice 3 – Caderno de Encargos para Implementação de AGVs

# Caderno de Encargos para Implementação de AGVs

### Revisão:

01	W.Melo	T.Godinho	28/03/2024	Atualização das cargas e descrição Fase 01 e Fase 02
00	W.Melo	T.Godinho	26/02/2024	Versão inicial.
<b>Rev.</b>	<b>Alterado por:</b>	<b>Aprovado por:</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>

### Índice

1	Visão Geral.....	3
1.1	Setores .....	5
1.2	Mapa Geral.....	7
1.3	Rack de Vidro .....	8
1.4	Rack de Perfis .....	9
1.5	Palete de Cabines .....	10
1.6	Tabela de Tempos, Distâncias e Frequência Diária (rev01) .....	11
2	Corte de Vidro.....	12
2.1	Rack Vazio »»» Saída Corte Vidro.....	13
2.2	Saída Corte Vidro »»» Estoque Vidro Cortado .....	13
2.3	Estoque Vidro Cortado »»» Entrada Tratamento Vidro .....	14
2.4	Entrada Tratamento Vidro »»» Rack Vazio .....	14
3	Tratamento de Vidro.....	15
3.1	Rack Vazio »»» Saída Vidro Tratado .....	16
3.2	Saída Vidro Tratado »»» Estoque Vidro Tratado .....	16
4	Corte e Maquinagem de Perfis .....	17
5	Montagem de Cabines.....	18
6	Montagem de Acessórios .....	19
7	Expedição.....	20
8	Movimentação Entre Setores .....	21
8.1	Corte de Vidro ««--»» Tratamento de Vidro .....	21
8.1.1	Corte de Vidro ««--»» Tratamento de Vidro .....	21
8.2	Tratamento de Vidro ««--»» Montagem de Cabines.....	22

# Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Académico e Industrial

8.2.1	Tratamento Vidro »»» Montagem Cabines.....	23
8.2.2	Montagem de Cabines »»» Tratamento de Vidro.....	23
8.3	Corte e Maquinagem de Perfis ««--»» Montagem de Cabines.....	24
8.3.1	Corte e Maquinagem de Perfis »»» Montagem de Cabines .....	25
8.3.2	Montagem de Cabines »»» Corte e Maquinagem de Perfis.....	25
8.4	Montagem de Cabines & Montagem de Acessórios »»» Expedição.....	26
8.4.1	Montagem de Cabines »»» Expedição.....	27
8.4.2	Montagem de Acessórios »»» Expedição.....	28

## Imagens

Figura 1.1	- Zonas onde serão executadas as Fases 01 e 02.....	4
Figura 1.2	- Ilustração gráfica das zonas de atuação das fases do projeto na TABELA DE TEMPOS.....	4
Figura 1.3	- Mapa da fábrica indicando os setores.....	7
Figura 1.4	- Rack para deslocamento de vidros.....	8
Figura 1.5	- Rack para deslocamento dos perfis.....	9
Figura 1.6	- Palete para deslocamento de cabines.....	10
Figura 1.7	- Tabela de tempos e deslocamentos.....	11
Figura 2.1	- Movimentações internas no setor de Corte de Vidro.....	12
Figura 3.1	- Movimentações internas no setor de Tratamento de Vidro.....	15
Figura 4.1	- Setor de Corte e Maquinagem de Perfis.....	17
Figura 5.1	- Setor de Montagem de Cabines.....	18
Figura 6.1	- Setor de Montagem de Acessórios.....	19
Figura 7.1	- Setor de Expedição.....	20
Figura 8.1	- Movimentação do AGV entre os setores de Corte de Vidro e Tratamento de Vidro.....	21
Figura 8.2	- Movimentação do AGV entre os setores de Tratamento de Vidro e Montagem de Cabines.....	22
Figura 8.3	- Movimentação do AGV entre os setores de Corte e Maquinagem de Perfis e Montagem de Cabines.....	24
Figura 8.4	- Movimentação do AGV entre os setores de Montagem de Cabines/Montagem de Acessórios e Expedição.....	26
Figura 8.5	- Palete de cabine embalado.....	27
Figura 8.6	- Palete de acessórios embalado (imagem ilustrativa).....	28

## 1 VISÃO GERAL

### Introdução

Nas páginas a seguir serão apresentados em linhas gerais os setores onde se tem a intenção de implementar os AGVs, e as características das cargas a serem movimentadas.

Neste documento não será feita diferenciação em linguagem entre AGV, AMR, LGV, etc, para todo efeito será utilizada a palavra AGV para o robô de movimentação de cargas.

Os tempos de coleta e entrega de cargas podem ser alterados conforme indicação do fabricante/representante.

Neste documento não há um detalhamento de como a carga deve ser posicionada para a coleta ou para a entrega, entende-se que cada equipamento tem suas necessidades e o ponto de coleta e entrega deve atender os requisitos do equipamento sempre que for possível. Pede-se aos fornecedores que indiquem em seus orçamentos se há alguma necessidade especial a ser considerada quanto a características da carga a ser movimentada.

### Objetivo

Este documento tem como objetivo estabelecer as linhas gerais para realizar orçamentos e posterior implementação dos AGVs na fábrica de cabines da Sanitana.

### Fases do Projeto (rev01)

O orçamento deve considerar que o projeto será implementado em duas fases: FASE 01 e FASE 02. Na proposta enviada é importante que haja um custo para a implementação do AGV na primeira fase e uma previsão de custo para a fase seguinte, entende-se que a segunda fase deve absorver alguns recursos da tecnologia que já estará implementada.

FASE 01 – AGV que irá operar entre o setor de TRATAMENTO DE VIDRO & EXPEDIÇÃO.

FASE 02 – AGV que irá operar entre o setor de CORTE DE VIDRO & TRATAMENTO DE VIDRO.

# Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Acadêmico e Industrial

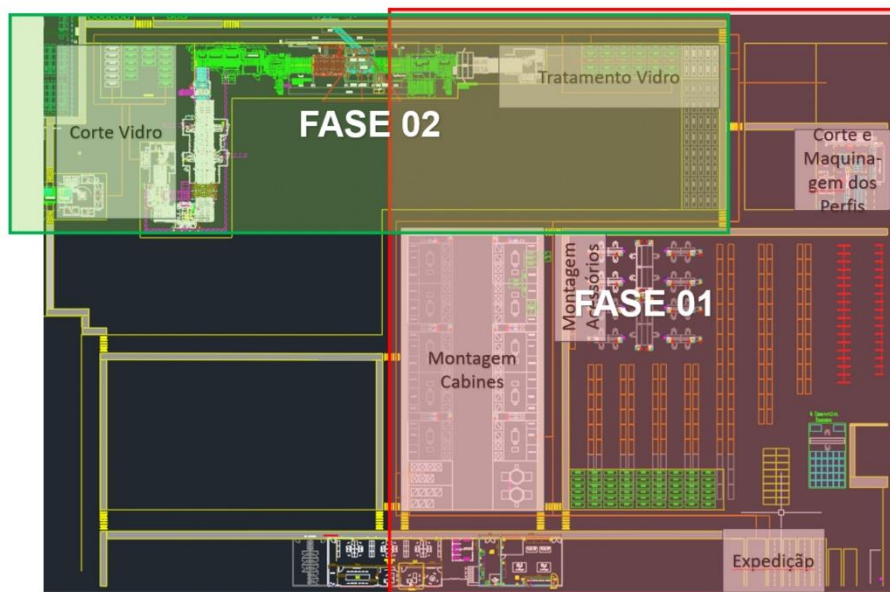


Figura 1.1 - Zonas onde serão executadas as Fases 01 e 02

SETOR	TIPO DE CARGA	PESO CARGA [kg]*	DISTÂNCIA [m]	TEMPO [s]	TEMPO [h]	QUANT. VIAGENS	TEMPO TOTAL AO DIA [h]
<b>FASE 02</b>							
Corte de Vidro	Rack Vazio >>> Saída Corte Vidro	Rack de Vidro	50	252,5	0,07	18	1,26
	Saída Corte Vidro >>> Estoque Vidro Cortado	Rack de Vidro	2000	31	255,5	0,07	1,28
	Estoque Vidro Cortado >>> Entrada Tratamento Vidro	Rack de Vidro	2000	73	251	0,07	1,35
Tratamento de Vidro	Entrada Tratamento Vidro >>> Rack Vazio	Rack de Vidro	50	19	249,5	0,07	1,35
	Rack Vazio >>> Saída Vidro Tratado	Rack de Vidro	50	50	265	0,07	1,77
Corte e Maquinagem de Perfis	Saída Vidro Tratado >>> Estoque Vidro Tratado	Rack de Vidro	300	33	256,5	0,07	1,71
	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
Montagem de Cabines	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
Montagem de Acessórios	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
Expedição	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
<b>FASE 01</b>							
<b>Movimentação Entre Setores</b>							
Corte de Vidro <<<->> Tratamento de Vidro	Corte de Vidro <<<->> Tratamento de Vidro**	3/ Carga	0	150	75	0,02	20
Tratamento de Vidro <<<->> Montagem de Cabines	Tratamento Vidro >>> Montagem Cabines	Rack de Vidro	2000	113	296,5	0,08	1,98
	Montagem Cabines >>> Tratamento Vidro	Rack de Vidro	50	113	296,5	0,08	1,98
Corte e Maquinagem dos Perfis <<<->> Montagem de Cabines	Corte e Maquinagem dos Perfis >>> Montagem Cabines**	Rack de Perfil	50	95	287,5	0,08	0,64
	Montagem Cabines >>> Corte e Maquinagem dos Perfis**	Rack de Perfil	50	95	287,5	0,08	0,64
Montagem de Cabines & Montagem de Acessórios >>> Expedição	Montagem de Cabines >>> Expedição	Paleta para Cabine	800	82	281	0,08	3,12
	Montagem de Acessórios >>> Expedição	Paleta EURO	200	82	281	0,08	0,63
* Peso da carga aproximado		Velocidade de Movimentação	=	2	m/s		
**Quantidade de viagens estimadas		Tempo para Coleta ou Entrega de Paleta/Rack	=	120	s	Tempo total [h] = 17,91	

Figura 1.2 - Ilustração gráfica das zonas de atuação das fases do projeto na TABELA DE TEMPOS

## Itens obrigatórios no AGV

- Deve ser capaz de coletar a carga (rack ou paleta) diretamente ao solo e entregá-la ao solo.
- Deve ser capaz de reconhecer o nível de bateria e de deslocar a um ponto de carregamento automático.
- Deve ser capaz de desempenhar diferentes tarefas e em diferentes setores.

- Deve ser uma tecnologia que permita a rápida criação de postos de coleta e entrega.
- Deve possuir um software de gestão de frotas que permita a futura integração com o ERP e MRP.

#### **Itens desejáveis no AGV**

- É desejável que a infraestrutura necessária para implementar o AGV seja a menor possível.
- É desejável que o equipamento tenha a capacidade de operar em condições de baixa luminosidade.
- É desejável que se apresente um contrato de suporte e manutenção preventiva ao equipamento e tecnologias periféricas.
- É desejável que o equipamento seja uma tecnologia consolidada e que já tenha sido aplicada e esteja em execução em empresas de porte semelhante em Portugal ou Espanha.
- É desejável que a tecnologia seja escalável, permitindo uma fácil implementação de novos postos (coleta e entrega) e mais equipamentos no futuro.
- A carga máxima indicada a ser transportada é de 1500 kg devido a limitações técnicas dos equipamentos disponíveis no mercado, considera-se uma mais-valia um equipamento competitivo que possa movimentar cargas de até 2000 kg (rev01).

### **1.1 Setores**

**Corte de Vidro:** Zona onde acontece toda a movimentação necessária para retirar o vidro cortado da máquina de corte de vidros e estocar esses vidros em um WIP até que seja necessário disponibilizar esse material para a máquina que irá realizar o tratamento dos vidros. Toda a movimentação do vidro é feita em seus respectivos racks. A princípio não será necessário realizar movimentação de material entre setores.

**Tratamento de Vidro:** Zona onde acontece toda a movimentação necessária para retirar o vidro tratado da máquina de tratamento de vidros e estocar esses vidros em um WIP até que seja necessário movimentar esse material até o setor de Montagem de Cabines. Toda a movimentação do vidro é feita em seus respectivos racks.

**Corte e Maquinagem de Perfis:** Zona em que os perfis serão cortados, maquinados e depois disponibilizados em WIP aguardando para que sejam deslocados para o setor de Montagem de Cabines. A movimentação será realizada em racks específicos para perfis.

**Montagem de Cabines:** Zona onde acontece a montagem do produto, relativo a movimentações essa deve receber os vidros tratados e os perfis, depois de montados

## *Estudo para a Implementação de Sistema de Robótica Móvel em Ambiente Acadêmico e Industrial*

esses serão disponibilizados em seus respectivos paletes em WIP de produto acabado aguardando para serem deslocados até o setor de Expedição.

**Montagem de Acessórios:** Zona onde acontece a montagem dos acessórios, esse material será empacotado, paletizado, aplicado filme e disponibilizado em WIP para que seja movimentado até o setor de Expedição.

**Expedição:** Zona onde serão entregues os paletes provenientes do setor de Montagem de Cabines e Montagem de Acessórios.

1.2 Mapa Geral

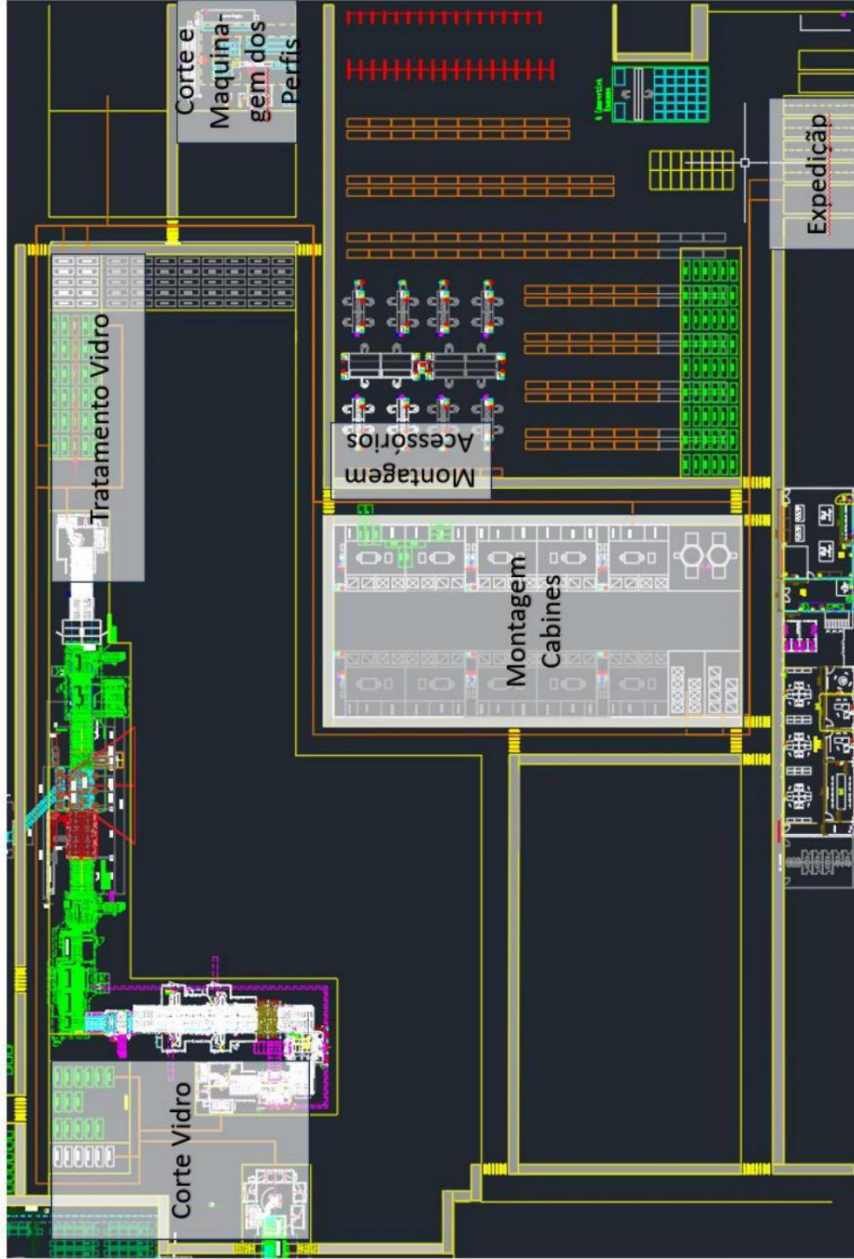


Figura 1.3 – Mapa da fábrica indicando os setores.



**1.4 Rack de Perfis**



Figura 1.5 – Rack para desflocamento dos perfis



1.6 Tabela de Tempos, Distâncias e Frequência Diária (rev01)

SETOR	TIPO DE CARGA	PESO CARGA [kg]*	DISTÂNCIA [m]	TEMPO [s]	TEMPO [h]	QUANT. VIAGENS	TEMPO TOTAL AO DIA [h]
<b>Corte de Vidro</b>	Rack Vazio »»» Saída Corte Vidro	50	25	252,5	0,07	24	1,68
	Saída Corte Vidro »»» Estoque Vidro Cortado	1500	31	255,5	0,07	24	1,70
	Estoque Vidro Cortado »»» Entrada Tratamento Vidro	1500	22	251	0,07	24	1,67
	Entrada Tratamento Vidro »»» Rack Vazio	50	19	249,5	0,07	24	1,66
<b>Tratamento de Vidro</b>	Rack Vazio »»» Saída Vidro Tratado	50	50	265	0,07	24	1,77
	Saída Vidro Tratado »»» Estoque Vidro Tratado	1500	33	256,5	0,07	24	1,71
<b>Corte e Maquinagem de Perfis</b>	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
<b>Montagem de Cabines</b>	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
<b>Montagem de Acessórios</b>	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
<b>Expedição</b>	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
<b>Movimentação Entre Setores</b>	(sem movimentação interna)	-	-	-	-	-	-
<b>Corte de Vidro ««-»» Tratamento de Vidro</b>	Corte de Vidro ««-»» Tratamento de Vidro**	0	150	75	0,02	20	0,42
<b>Tratamento do Vidro ««-»» Montagem de Cabines</b>	Tratamento Vidro »»» Montagem Cabines	1500	113	296,5	0,08	24	1,98
	Montagem Cabines »»» Tratamento Vidro	50	113	296,5	0,08	24	1,98
<b>Corte e Maquinagem dos Perfis ««-»» Montagem de Cabines</b>	Corte e Maquinagem dos Perfis »»» Montagem Cabines**	50	95	287,5	0,08	8	0,64
	Montagem Cabines »»» Corte e Maquinagem dos Perfis**	50	95	287,5	0,08	8	0,64
<b>Montagem de Cabines &amp; Montagem de Acessórios »»» Expedição</b>	Montagem de Cabines »»» Expedição	800	82	281	0,08	40	3,12
	Montagem de Acessórios »»» Expedição	200	82	281	0,08	8	0,62
	Paletes para Cabine	-	-	-	-	-	-
Paletes para Coleta ou Entrega de Paletes/Rack		2	-	-	-	-	-
Paletes para Expedição		120	-	-	-	-	-
Velocidade de Movimentação		=	m/s	=			
Tempo para Coleta ou Entrega de Paletes/Rack		=	s	=			
* Peso da carga aproximado						<b>Tempo total [h] =</b>	<b>19,59</b>
** Quantidade de viagens estimadas							

Figura 1.7 - Tabela de tempos e deslocamentos.

## 2 CORTE DE VIDRO

### Setores

**Rack Vazio:** Zona onde se encontram os racks sem vidro que serão utilizados para abastecer a célula robotizada da saída da máquina de corte dos vidros.

**Saída Corte Vidro:** Zona em que o robô abastece os racks vazios com vidro cortado em medidas específicas. Cada rack recebe um tipo de vidro por vez. Os racks cheios serão deslocados para o estoque de vidros cortados.

**Estoque Vidro Cortado:** Zona em que os vidros cortados ficam armazenados em racks aguardando a entrada na máquina de tratamento de vidros.

**Entrada Tratamento Vidro:** Zona em que será entregue os vidros cortados para que o robô colete os vidros e alimente a máquina de tratamento de vidro.

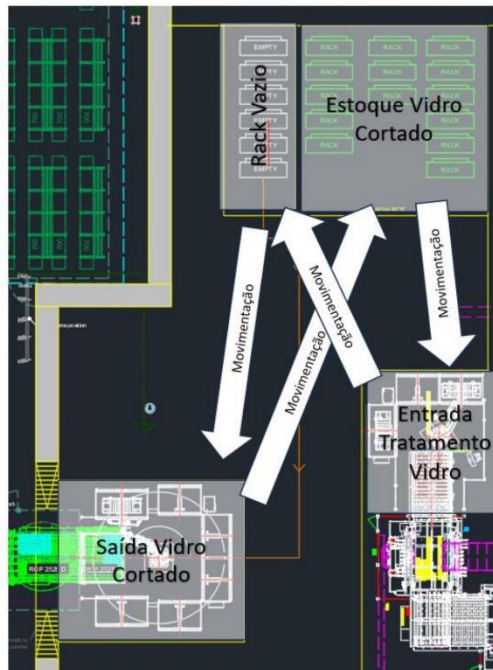


Figura 2.1 - Movimentações internas no setor de Corte de Vidro

### Considerações Utilizadas para os Cálculos Abaixo

- Velocidade de deslocamento considerada: 2m/s
- Cada rack irá transportar até 1500kg, aproximadamente 54 vidros.
- Serão necessários 1280 vidros por dia para atender a demanda do setor de Montagem de Cabines (8 postos x 5 paletes por posto ao dia x 16 cabines por palete x 2 vidros por cabine).

**Movimentações:**

**2.1 Rack Vazio »»» Saída Corte Vidro**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack vazio no WIP e posicioná-lo devidamente para que o robô abasteça o rack.

**Comprimento do Percurso**

25 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 12.5 + 120 = 252.5s$  (0.07h)

Tempo total = Coleta de Rack Vazio + Deslocamento + Entrega de Rack Vazio

**Quantidade de Viagens por Dia**

24 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 1.68h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.07h) x Quantidade de Viagens por Dia (24)

**2.2 Saída Corte Vidro »»» Estoque Vidro Cortado**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack cheio da célula robotizada e levá-lo para a zona WIP de vidro cortado.

**Comprimento do Percurso**

31 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 15.5 + 120 = 255.5s$  (0.07h)

Tempo total = Coleta de Rack Cheio + Deslocamento + Entrega de Rack Cheio

**Quantidade de Viagens por Dia**

24 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 1.703h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.07h) x Quantidade de Viagens por Dia (24)

### **2.3 Estoque Vidro Cortado »»» Entrada Tratamento Vidro**

#### **Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack cheio da zona WIP de vidro cortado e levá-lo para a célula robotizada que abastece a máquina para tratamento do vidro.

#### **Comprimento do Percurso**

22 metros

#### **Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 11 + 120 = 251s$  (0.07h)

Tempo total = Coleta de Rack Cheio + Deslocamento + Entrega de Rack Cheio

#### **Quantidade de Viagens por Dia**

24 viagens

#### **Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 1.67h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.07h) x Quantidade de Viagens por Dia (24)

### **2.4 Entrada Tratamento Vidro »»» Rack Vazio**

#### **Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack vazio na célula robotizada que abastece a máquina para tratamento do vidro e levá-lo para a zona WIP de racks vazios.

#### **Comprimento do Percurso**

19 metros

#### **Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 9.5 + 120 = 249.5s$  (0.07h)

Tempo total = Coleta de Rack Vazio + Deslocamento + Entrega de Rack Vazio

#### **Quantidade de Viagens por Dia**

24 viagens

#### **Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 1.66h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.07h) x Quantidade de Viagens por Dia (24)

### 3 TRATAMENTO DE VIDRO

#### Setores

**Rack Vazio:** Zona onde se encontram os racks sem vidro que serão utilizados para abastecer a célula robotizada da saída da máquina de tratamento dos vidros.

**Saída Vidro Tratado:** Zona em que o robô abastece os racks vazios com vidro tratado e furado em medidas específicas. Cada rack recebe um tipo de vidro por vez. Os racks cheios serão deslocados para o estoque de vidros tratados.

**Estoque Vidro Tratado:** Zona em que os vidros tratados ficam armazenados em racks aguardando para serem movimentados até o setor de montagem.

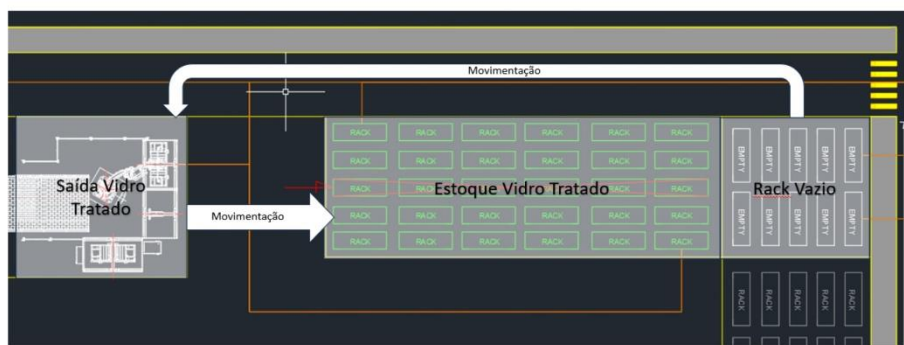


Figura 3.1 - Movimentações internas no setor de Tratamento de Vidro

#### Considerações Utilizadas para os Cálculos Abaixo

- Velocidade de deslocamento considerada: 2m/s
- Cada rack irá transportar até 1500kg, aproximadamente 54 vidros.
- Serão necessários 1280 vidros por dia para atender a demanda do setor de Montagem de Cabines (8 postos x 5 paletes por posto ao dia x 16 cabines por palete x 2 vidros por cabine).
- Cada posto no setor de Montagem de Cabines irá consumir 5 racks de vidro ao dia [(5 paletes por posto ao dia x 16 cabines por palete x 2 vidros por cabine)/54 capacidade de vidros por rack  $\cong$  3 racks de vidro ao dia]

**Movimentações:**

**3.1 Rack Vazio »»» Saída Vidro Tratado**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack vazio no WIP e posicioná-lo devidamente para que o robô abasteça o rack.

**Comprimento do Percurso**

50 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 25 + 120 = 265\text{s}$  (0.07h)

Tempo total = Coleta de Rack Vazio + Deslocamento + Entrega de Rack Vazio

**Quantidade de Viagens por Dia**

24 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 1.77h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.07h) x Quantidade de Viagens por Dia (24)

**3.2 Saída Vidro Tratado »»» Estoque Vidro Tratado**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack cheio da célula robotizada e levá-lo para a zona WIP de vidro tratado.

**Comprimento do Percurso**

33 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 16.5 + 120 = 256.5\text{s}$  (0.07h)

Tempo total = Coleta de Rack Cheio + Deslocamento + Entrega de Rack Cheio

**Quantidade de Viagens por Dia**

24 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 1.71h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.07h) x Quantidade de Viagens por Dia (24)

## 4 CORTE E MAQUINAGEM DE PERFIS

### Setores

***Rack Vazio:*** Zona onde se encontram os racks sem perfis.

***Estoque Perfis Prontos:*** Zona onde os racks com perfis serão colocados para posteriormente serem transportados até os postos de trabalho no setor de Montagem de Cabines.

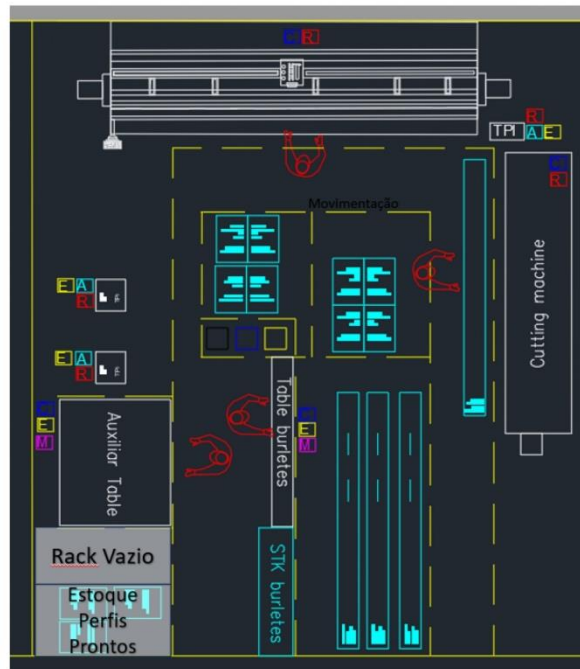


Figura 4.1 - Setor de Corte e Maquinagem de Perfis

### Considerações Utilizadas

- No setor indicado acima não há movimentações internas feitas pelo AGV, a explicação deste se faz necessária para um melhor entendimento da movimentação de carga necessária entre setores.

## 5 MONTAGEM DE CABINES

### Setores

**Entrada Perfil:** Zona destinada para a entrega do rack de perfis que serão utilizados no processo de montagem das cabines.

**Estrada Vidro:** Zona destinada para a entrega do rack de vidros que serão utilizados no processo de montagem das cabines.

**Saída PA:** Zona onde ficarão posicionados os paletes de produto acabado (PA) já devidamente embalados, aguardando para que sejam movimentados até o setor de Expedição.

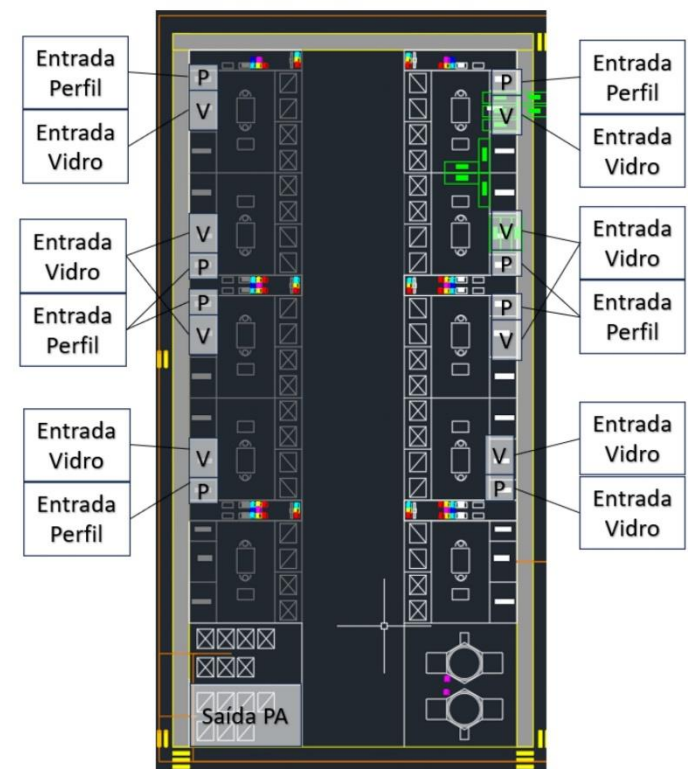


Figura 5.1 - Setor de Montagem de Cabines

### Considerações Utilizadas

- No setor indicado acima não há movimentações internas feitas pelo AGV, a explicação deste se faz necessária para um melhor entendimento da movimentação de carga necessária entre setores.

## 6 MONTAGEM DE ACESSÓRIOS

### Setores

**Saída Acessórios:** Zona onde ficarão posicionado os paletes de acessórios já devidamente embalados, aguardando para que sejam movimentados até o setor de Expedição.

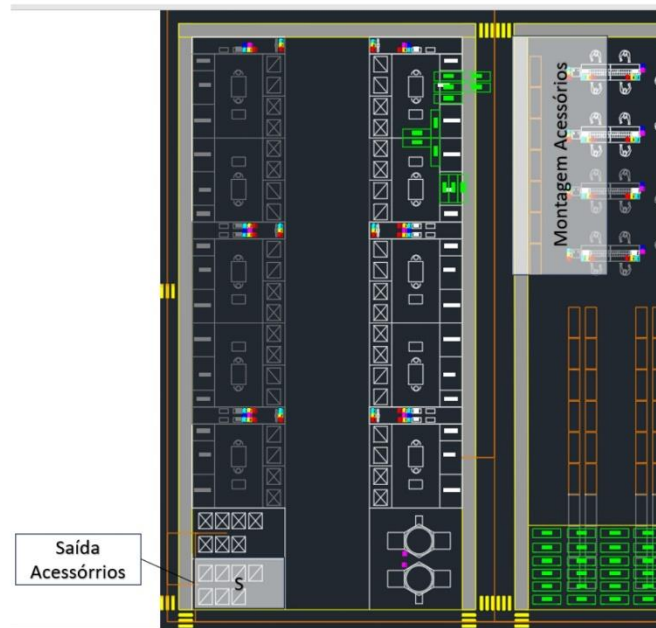


Figura 6.1 - Setor de Montagem de Acessórios

### Considerações Utilizadas

- No setor indicado acima não há movimentações internas feitas pelo AGV, a explicação deste se faz necessária para um melhor entendimento da movimentação de carga necessária entre setores.

## 7 EXPEDIÇÃO

### Setores

**Entrada Paletes:** Zona onde serão entregues os paletes de produto acabado e de acessórios para serem destinados aos clientes.

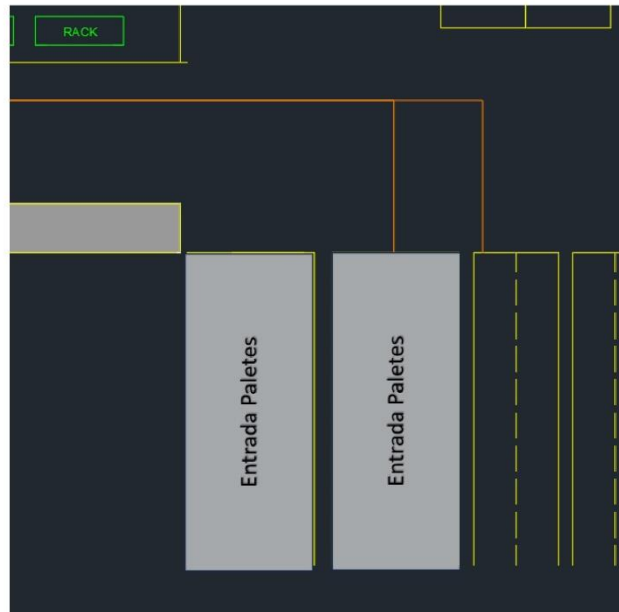


Figura 7.1 - Setor de Expedição

### Considerações Utilizadas

- No setor indicado acima não há movimentações internas feitas pelo AGV, a explicação deste se faz necessária para um melhor entendimento da movimentação de carga necessária entre setores.

## 8 MOVIMENTAÇÃO ENTRE SETORES

### 8.1 Corte de Vidro ««--»» Tratamento de Vidro



Figura 8.1 - Movimentação do AGV entre os setores de Corte de Vidro e Tratamento de Vidro

#### Considerações Utilizadas para os Cálculos Abaixo

- Velocidade de deslocamento considerada: 2m/s
- O AGV irá realizar este deslocamento em vazio, sem carga.
- Não há uma estimativa de quantas vezes essa movimentação será necessária ao dia. Para esse estudo será considerado 20 viagens ao dia.

#### Movimentações:

##### 8.1.1 Corte de Vidro ««--»» Tratamento de Vidro

#### Descrição da Linha

O AGV irá deslocar entre os setores de Corte de Vidro e Tratamento de Vidro em vazio, pois não há material para ser deslocado entre esses setores.

#### Comprimento do Percurso

150 metros

#### Tempo da Linha em Segundos

Tempo total = 75s (0.02h)

#### Descrição do Tempo da Linha

Tempo total = Deslocamento

#### Quantidade de Viagens por Dia

20 viagens

#### Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas

Tempo total = 0.42h/dia

#### Descrição do Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas

Tempo total = Tempo da Linha (0.02h) x Quantidade de Viagens por Dia (20)

## 8.2 Tratamento de Vidro «←→» Montagem de Cabines

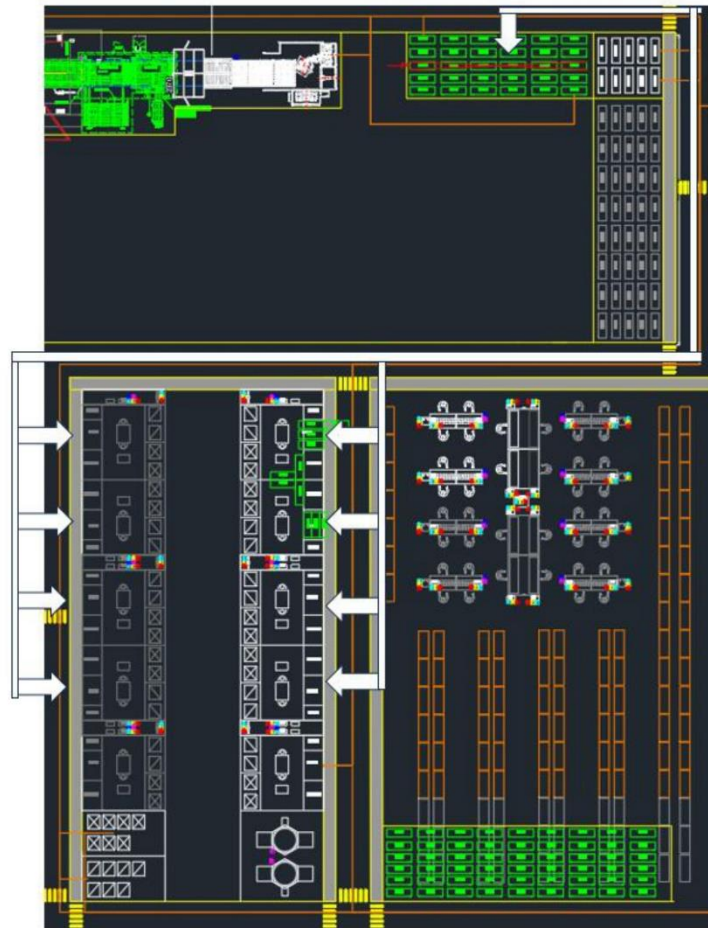


Figura 8.2 - Movimentação do AGV entre os setores de Tratamento de Vidro e Montagem de Cabines

### Considerações Utilizadas para os Cálculos Abaixo

- Velocidade de deslocamento considerada: 2m/s
- Cada rack irá transportar até 1500kg, aproximadamente 54 vidros.
- Cada posto no setor de Montagem de Cabines irá consumir 5 racks de vidro ao dia [(5 paletes por posto ao dia x 16 cabines por palete x 2 vidros por cabine)/54 capacidade de vidros por rack  $\cong$  3 racks de vidro ao dia]
- É necessário retornar o rack vazio para o WIP de racks vazios no setor de Tratamento de Vidros.

**Movimentação Entrega de Material:**

**8.2.1 Tratamento Vidro »»» Montagem Cabines**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack de vidros cheio no WIP e deslocará até a zona de entrega de vidro de cada posto de trabalho no setor de Montagem de Cabines.

**Comprimento do Percurso**

113 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 56.5 + 120 = 296.5s$  (0.08h)

Tempo total = Coleta de Rack Cheio + Deslocamento + Entrega de Rack Cheio

**Quantidade de Viagens por Dia**

24 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 1.98h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.08h) x Quantidade de Viagens por Dia (24)

**Movimentação Retorno do Rack Vazio:**

**8.2.2 Montagem de Cabines »»» Tratamento de Vidro**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack de vidros vazio na mesma zona onde entregou previamente e retorná-lo para WIP de racks vazios no setor de Tratamento de Vidro.

**Comprimento do Percurso**

113 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 56.5 + 120 = 296.5s$  (0.08h)

Tempo total = Coleta de Rack Vazio + Deslocamento + Entrega de Rack Vazio

**Quantidade de Viagens por Dia**

24 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 1.98h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.08h) x Quantidade de Viagens por Dia (24)

### 8.3 Corte e Maquinagem de Perfis «--» Montagem de Cabines

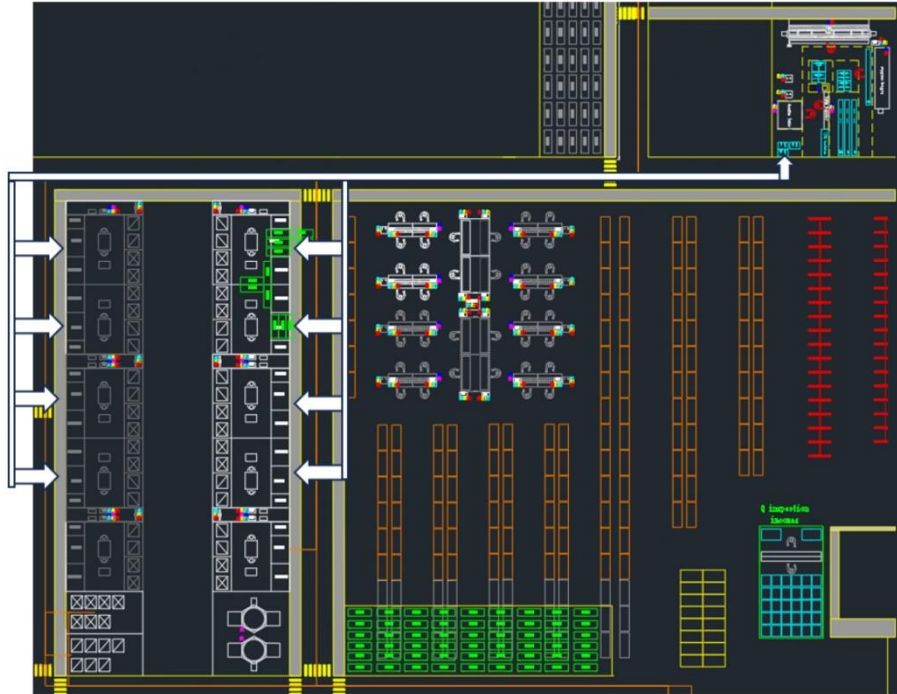


Figura 8.3 - Movimentação do AGV entre os setores de Corte e Maquinagem de Perfis e Montagem de Cabines

#### Considerações Utilizadas para os Cálculos Abaixo

- Velocidade de deslocamento considerada: 2m/s
- Cada rack pesará em torno de 50kg.
- Não há uma estimativa de quantos racks serão transportados ao dia. Para esse estudo será considerado 8 racks ao dia.
- É necessário retornar o rack vazio para o WIP de racks vazios no setor de Corte e Maquinagem de Perfis.:

**Movimentação Entrega de Material:**

**8.3.1 Corte e Maquinagem de Perfis »»» Montagem de Cabines**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack de perfis cheio no WIP e deslocará até a zona de entrega de perfis de cada posto de trabalho no setor de Montagem de Cabines.

**Comprimento do Percorso**

95 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 47.5 + 120 = 287.5s$  (0.08h)

Tempo total = Coleta de Rack Cheio + Deslocamento + Entrega de Rack Cheio

**Quantidade de Viagens por Dia**

8 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 0.64h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.08h) x Quantidade de Viagens por Dia (8)

**Movimentação Retorno do Rack Vazio:**

**8.3.2 Montagem de Cabines »»» Corte e Maquinagem de Perfis**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o rack de perfis vazio na mesma zona onde entregou previamente e retorná-lo para WIP de racks vazios no setor de Corte e Maquinagem de Perfis.

**Comprimento do Percorso**

95 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 47.5 + 120 = 287.5s$  (0.08h)

Tempo total = Coleta de Rack Vazio + Deslocamento + Entrega de Rack Vazio

**Quantidade de Viagens por Dia**

8 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 0.64h/dia

Tempo total = Tempo da Linha (0.08h) x Quantidade de Viagens por Dia (8)

#### **8.4 Montagem de Cabines & Montagem de Acessórios »»» Expedição**



*Figura 8.4 - - Movimentação do AGV entre os setores de Montagem de Cabines/Montagem de Acessórios e Expedição*

#### **Considerações Utilizadas para os Cálculos Abaixo**

- Velocidade de deslocamento considerada: 2m/s
- A movimentação dos produtos acabados será realizada em palete para cabines.
- Cada palete para cabines pesará até 900kg.
- A movimentação dos acessórios será realizada em palete EURO.
- Cada palete de acessórios pesará até 200kg.

**Movimentação Entrega de Material:**

**8.4.1 Montagem de Cabines »»» Expedição**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o palete de cabines e deslocará até a zona de entrega de paletes no setor de Expedição.

**Comprimento do Percurso**

82 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total = 120 + 41 + 120 = 281s (0.08h)

**Descrição do Tempo da Linha**

Tempo total = Coleta de Palete Cheio + Deslocamento + Entrega de Palete Cheio

**Quantidade de Viagens por Dia**

40 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 3.12h/dia

**Descrição do Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = Tempo da Linha (0.08h) x Quantidade de Viagens por Dia (40)



Figura 8.5 - Paleta de cabine embalado

**Movimentação Entrega de Material:**

**8.4.2 Montagem de Acessórios »»» Expedição**

**Descrição da Linha**

O AGV irá coletar o palete de acessórios e deslocará até a zona de entrega de paletes no setor de Expedição.

**Comprimento do Percurso**

82 metros

**Tempo da Linha em Segundos**

Tempo total =  $120 + 41 + 120 = 281s$  (0.08h)

**Descrição do Tempo da Linha**

Tempo total = Coleta de Paleta Cheio + Deslocamento + Entrega de Paleta Cheio

**Quantidade de Viagens por Dia**

8 viagens

**Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = 0.62h/dia

**Descrição do Tempo Total em Movimentação ao Dia em Horas**

Tempo total = Tempo da Linha (0.08h) x Quantidade de Viagens por Dia (8)



*Figura 8.6 - Paleta de acessórios embalado (imagem ilustrativa)*

## 8 ANEXO – DATASHEET AGV TRIBOT 5000



TRACTOR LINE

TriBOT 5000

TRACTOR LINE

# TriBOT 5000

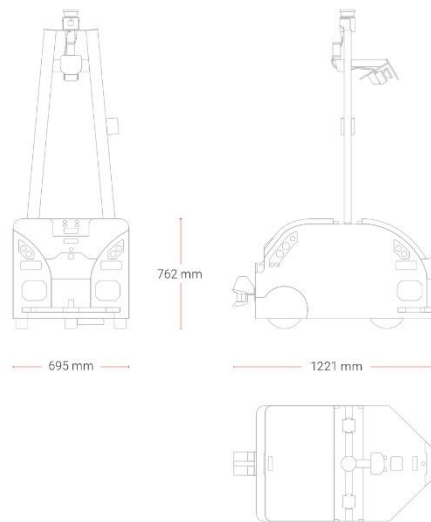
Maximize your productivity by automating the transportation of your goods up to 5 Tn.

With minimum dimensions, large capacity and great manoeuvrability, TriBOT 5000 is a strong, easy, safe and flexible solution for horizontal heavy load transportation and order picking over long distances.

- **STRONG:** High towing capacity in high performance use.
- **EASY:** Easy to set up, user-friendly interface and simplified maintenance.
- **SAFE:** Our AGVs are fully safety equipped.
- **FLEXIBLE:** Multiple navigation systems, magnetic or SLAM. Easy configurable routes.



Towing capacity	3200 N
Maximum payload	5000 kg
Dimensions (LxWxH)	1221 x 695 x 762 mm
Movement	Unidirectional
Navigation system	Magnetic + RFID tags SLAM-Natural with predefined virtual path (optional)
Speed range	From 0.035 to 2 m/s*
Turning radius (without trolley)	1150 mm
Slope	Up to 2%
Positioning accuracy	Up to ± 10 mm
Manual movement	Control pad Wired remote control Clutch system (external tool - optional)
Battery	Li-Ion 24 V 120 Ah
Charging system	Online charging system (brushes) External charger
Environment	Indoor
Safety systems	1 x Safety PLC 1 x Safety curtain laser** 1 x Safety Laser for indoor environment 4 x Emergency stop button
Optional elements	M2M module + Connected Services External charger Bluespot, beacon & flashing light
Fleet management system	SIGAT MultiAGV
Communication	WiFi Radio frequency system M2M
Connectivity	2 x USB, Ethernet, IoT Through IT: ERP, MRP, MES, DDBB interface Industrial connectivity: OPC, wired connection



\*Depends on navigation technology  
\*\*Not included in basic model



www.astimobilerobotics.com