

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

**DAVI LOPES BRAGA**

**AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE COLETA DE MATERIAL ACABADO NA  
MANUFATURA COM AUXÍLIO DE UM LGV EM UMA FÁBRICA DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS**

**MANAUS**

**2022**

**DAVI LOPES BRAGA**

**AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE COLETA DE MATERIAL ACABADO NA  
MANUFATURA COM AUXÍLIO DE UM LGV EM UMA FÁBRICA DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS**

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

Orientador: Prof. Dr. João Evangelista Neto

**MANAUS**

**2022**

### Ficha Catalográfica

B813aa Braga, Davi Lopes  
AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE COLETA DE  
MATERIAL ACABADO NA MANUFATURA COM  
AUXÍLIO DE UM LGV EM UMA FÁBRICA DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS / Davi Lopes Braga.  
Manaus : [s.n], 2022.  
81 f.: il., color.; 31 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica -  
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022.  
Inclui bibliografia  
Orientador: Neto, João Evangelista

1. LGV. 2. Automação. 3. Logística. 4. Supply  
Chain. I. Neto, João Evangelista (Orient.). II. Universidade  
do Estado do Amazonas. III. AUTOMAÇÃO DO  
PROCESSO DE COLETA DE MATERIAL ACABADO  
NA MANUFATURA COM AUXÍLIO DE UM LGV EM  
UMA FÁBRICA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

**DAVI LOPES BRAGA**

**AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE COLETA DE MATERIAL ACABADO NA  
MANUFATURA COM AUXÍLIO DE UM LGV EM UMA FÁBRICA DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS**

Este Trabalho de Curso foi considerado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e aprovado em sua forma final pela comissão examinadora.

Manaus, 26 de maio de 2022

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. João Evangelista Neto**  
Orientador

---

**Prof. Dr. Edry Antonio Garcia Cisneros**  
Avaliador

---

**Prof. Dr. Israel Gondres Torres**  
Avaliador

*Dedico este trabalho primeiramente a DEUS, depois à minha família, amigos, professores, equipe do trabalho e terceiros, que me ajudaram diretamente ou indiretamente em todo o caminho até esta data.*

## **AGRADECIMENTOS**

Para elaboração, desenvolvimento e apresentação deste trabalho diversas pessoas me ajudaram e me apoiaram de forma incondicional, portanto, creio que nada mais justo e sensato de minha parte agradecer a todos como forma de gratidão. Então, agradeço, primeiramente à Deus, por ter me dado força em todo os momentos, e principalmente nos momentos em que mais precisei.

Agradeço ao meu orientador, o Prof. Dr. João Evangelista pela orientação em todas as etapas, e não somente a ele, pois seria muito injusto de minha parte não agradecer pelos anos de ensinamentos que cada Professor me passou, assim como a todos os funcionários do curso de Engenharia Mecânica, sem vocês o que estamos fazendo hoje não seria possível. Agradeço também à minha família e amigos, creio que durante o desenvolvimento do trabalho foram muito solidários e compreensivos. Devo agradecer também a minha equipe de trabalho por todo suporte dado na elaboração do trabalho, principalmente ao meu Supervisor Silmar Cunha e ao Engenheiro Andrey Reis. E por último, agradeço a todos que me ajudaram de alguma forma indiretamente, saibam que vocês fizeram parte desta conquista.

Agradeço ainda a todas as pessoas que, na UEA, tornaram possível que eu pudesse fazer esse curso e realizar o meu trabalho de pesquisa.

A todos estes (e a todos aqueles que, por falha minha, não foram mencionados) o meu muito obrigado.

*“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível,  
e de repente você estará fazendo o impossível”*

*(São Francisco de Assis)*

## RESUMO

Atualmente o processo de coleta de materiais acabados na produção é feita pela equipe responsabilizada pela área do Inbound no DC. Também é feita de forma manual pelo colaborador dentro das normas e leis trabalhistas. Entretanto, é uma operação que exige muito por parte do colaborador tendo em vista o grande fluxo de saída de materiais acabados. Hoje temos uma média de 120 pallets/dia que são coletados na Manufatura.

Este processo demanda tempo, disponibilidade de um colaborador para ficar em tempo integral nessa função, requer também uma condição física boa por parte do colaborador por conta da distância percorrida entre o DC e a Manufatura, além de não atender no exato momento, por algumas vezes, a demanda da manufatura, gerando impactos significativos na operação do DC, pois em 90% das vezes temos que redirecionar mais colaboradores para suprir a demanda, e com isso temos atrasos em outras etapas da operação do DC.

Portanto, com o objetivo de reduzirmos os esforços realizados pelo colaborador, os gaps dentro da operação do DC (retrabalho e custos extras), a falha no atendimento à Manufatura, assim como aproveitarmos a mão de obra em uma operação mais crítica, optou-se por automatizar o processo de coleta por meio da aplicação de um LGV.

**PALAVRAS- CHAVE:** Inbound. DC. LGV.

## **ABSTRACT**

Currently the process of collecting finished materials in production is done by the team responsible for the Inbound area in DC. It is also done manually by the employee within the labor rules and laws. However, it is an operation that requires a lot on the part of the employee in view of the large flow of output of finished materials. Today we have an average of 120 pallets/day that are collected in the Manufacture.

This process requires time, availability of a collaborator to be full-time in this function, also requires a good physical condition on the part of the employee because of the distance traveled between the DC and manufacturing, besides not meeting at the exact moment, sometimes, the demand of the manufacture, generating significant impacts on the dc operation, because 90% of the time we have to redirect more employees to meet the demand, and with that we have delays in other stages of dc operation.

Therefore, in order to reduce the efforts made by the employee, the gaps within the DC operation (rework and extra costs), the failure to serve the Manufacturing, as well as taking advantage of the labor in a more critical operation, we chose to automate the collection process through the application of an LGV.

**KEYWORDS:** Inbound. DC. LGV.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Modelo de gerenciamento da cadeia de suprimentos	20
<b>Figura 2:</b>	A cadeia de suprimentos imediata da empresa	22
<b>Figura 3:</b>	Evolução da logística para cadeia de suprimentos	22
<b>Figura 4:</b>	Exemplo do movimento para empurrar e puxar	33
<b>Figura 5:</b>	Exemplo do LGV	38
<b>Figura 6:</b>	Exemplo da leitura feita pelo scanner do LGV	39
<b>Figura 7:</b>	Exemplo dos modelos dos refletores do LGV	39
<b>Figura 8:</b>	Princípio de funcionamento do NAV 350	41
<b>Figura 9:</b>	Reflexão difusa de objetos	41
<b>Figura 10:</b>	Reflexão direcional dos refletores	42
<b>Figura 11:</b>	Determinação da posição pelo NAV350 por meio da detecção do refletor	43
<b>Figura 12:</b>	Identificação de refletores no estado operacional “posicionamento contínuo”	44
<b>Figura 13:</b>	Assuntos bases que constituem a IHC	46
<b>Figura 14:</b>	Cross-Functional Process Map	48
<b>Figura 15:</b>	Planta das áreas do processo	49
<b>Figura 16:</b>	Matrim	50
<b>Figura 17:</b>	Planta das áreas do processo após automatização	55
<b>Figura 18:</b>	Planta das áreas do processo após automatização com a Rota 1	55
<b>Figura 19:</b>	Planta das áreas do processo após automatização com a Rota 2	56
<b>Figura 20:</b>	Tela Inicial do IHC do LGV	57
<b>Figura 21:</b>	Tela de Alarme do LGV	57
<b>Figura 22:</b>	Tela de Mensagem do LGV	58
<b>Figura 23:</b>	Tela de Configurações do LGV	58

<b>Figura 24:</b> Tela de Informação do LGV	59
<b>Figura 25:</b> Tela de Coleta/Entrega do LGV	59
<b>Figura 26:</b> Tela de Sequência/Postos do LGV	60
<b>Figura 27:</b> Tela de Rotas do LGV	61
<b>Figura 28:</b> Tela de Gravar do LGV	61
<b>Figura 29:</b> Tela de Navegação do LGV	62
<b>Figura 30:</b> Exemplo de Rota Inicial do LGV	63
<b>Figura 31:</b> Exemplo de como não se deve fazer a rota do LGV	63
<b>Figura 32:</b> Exemplo de como se deve fazer a rota do LGV	64
<b>Figura 33:</b> Exemplo da Rota Inicial e suas dimensões para gravar a rota do LGV	64
<b>Figura 34:</b> Exemplo da distância de proteção do scanner do LGV	65
<b>Figura 35:</b> Exemplo de como o LGV se posiciona na frente do pallet	66
<b>Figura 36:</b> Exemplo de como o LGV posiciona o garfo para pegar o pallet	66
<b>Figura 37:</b> Exemplo da Rota de Entrega e suas dimensões para gravar a rota do LGV	67
<b>Figura 38:</b> Exemplo da Rota de Retorno e suas dimensões para gravar a rota do LGV	69
<b>Figura 39:</b> Localização do Scanner Frontal	71
<b>Figura 40:</b> Localização do Scanner Traseiro	72
<b>Figura 41:</b> Exemplo do Scanner Frontal e Traseiro	72

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Preços ao consumidor para produtos exclusivamente nacionais	18
<b>Tabela 2</b>	Benefícios do intercâmbio comercial quando o transporte é barato	18
<b>Tabela 3</b>	Exemplos de processo de decisão estratégica, tática e operacional	23
<b>Tabela 4</b>	Exemplos de atividades pesadas e seus gastos energéticos acima de 250 W	29
<b>Tabela 5</b>	Medidas antropométricas de ingleses adultos – 19 a 65 anos	30
<b>Tabela 6</b>	Remissões típicas e intervalos de varredura	42
<b>Tabela 7</b>	Distância Percorrida pelo colaborador no processo de coleta	50
<b>Tabela 8</b>	Tempo do processo de coleta de material acabado	51
<b>Tabela 9</b>	Tempo do processo de coleta de material acabado com tempo extra	51
<b>Tabela 10</b>	Exemplo da Rota Inicial do LGV	64
<b>Tabela 11</b>	Exemplo da Rota Inicial e Rota de Coleta do LGV	66
<b>Tabela 12</b>	Exemplo da Rota Inicial, Rota de Coleta e Rota de Entrega do LGV	68
<b>Tabela 13</b>	Exemplo da Rota Inicial, Rota de Coleta, Rota de Entrega e Rota de descarga do LGV	68
<b>Tabela 14</b>	Exemplo da Rota Completa do LGV (Inicial, Coleta, Entrega, Descarga e Retorno)	69
<b>Tabela 15</b>	Exemplo da Rota 1 Completa do LGV	70
<b>Tabela 16</b>	Exemplo da Rota 2 Completa do LGV	71

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>CD</b>	Centro de Distribuição
<b>LGV</b>	Laser Guided Vehicle
<b>FTE</b>	Full time Equivalent
<b>GCS</b>	Gerenciamento da Cadeia de Suprimento
<b>IEA</b>	International Ergonomics Association
<b>LER</b>	Lesão por esforço repetitivo
<b>SCI</b>	Supply Chain Integration
<b>IHC</b>	Interação Humano Computador

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
1.1. OBJETIVO GERAL .....	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	17
2.1. LOGÍSTICA.....	17
2.1.1. A CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	21
2.1.2. A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA DE SUPRIMENTOS .....	23
2.2. ERGONOMIA .....	24
2.2.1. O QUE É ERGONOMIA? .....	24
2.2.2. BASES BIOMECÂNICAS, FISIOLÓGICAS E ANTROPOMÉTRICAS .....	25
2.2.2.1. BIOMECÂNICA.....	25
2.2.2.1.1. MANTER AS ARTICULAÇÕES EM POSIÇÃO NEUTRA .....	25
2.2.2.1.2. CONSERVAR OS PESOS PRÓXIMOS AO CORPO .....	25
2.2.2.1.3. EVITAR CURVAR-SE PARA FRENTE.....	26
2.2.2.1.4. EVITAR TORÇÕES DO TRONCO.....	26
2.2.2.1.5. EVITAR MOVIMENTOS BRUSCOS QUE PODEM PRODUZIR PICOS DE TENSÃO 26	
2.2.2.1.6. ALTERNAR POSTURAS E MOVIMENTOS.....	26
2.2.2.1.7. RESTRINGIR A DURAÇÃO DO ESFORÇO MUSCULAR CONTÍNUO .....	27
2.2.2.1.8. PREVINIR A EXAUSTÃO MUSCULAR.....	27
2.2.2.1.9. FAZER PAUSAS CURTAS E FREQUENTES .....	27
2.2.3. FISIOLOGIA .....	27
2.2.3.1. LIMITAR O GASTO ENERGÉTICO NO TRABALHO.....	28
2.2.3.2. TRABALHOS PESADOS .....	28
2.2.4. ANTROPOMETRIA.....	29
2.2.4.1. CONSIDERAR AS DIFERENÇAS INDIVIDUAIS DO CORPO.....	29
2.2.4.2. USAR TABELAS ANTROPOMÉTRICAS ADEQUADAS NO PROJETO.....	29
2.2.5. POSTURA.....	30
2.2.5.1. TRABALHO EM PÉ .....	31
2.2.5.2. POSTURAS DAS MÃOS E BRAÇOS.....	31
2.2.6. MOVIMENTOS.....	32
2.2.6.1. PUXAR E EMPURRAR CARGAS.....	32
2.3. LEAN & SIX SIGMA.....	33
2.3.1. SUPPLY CHAIN .....	34
2.3.2. LEAN & SIX SIGMA: INTEGRAÇÃO NO SUPPLY CHAIN .....	35

2.4.	AUTOMAÇÃO.....	36
2.4.1.	LGV.....	37
2.4.1.1.	COMO FUNCIONA UM LGV.....	38
2.4.1.2.	NAV 350 – SENSOR DE NAVEGAÇÃO .....	40
2.4.1.3.	ALCANCE DE VARREDURA DO NAV350 .....	42
2.4.1.4.	DETECTAÇÃO DOS PONTOS DE REFERÊNCIA.....	42
2.4.1.5.	NAVEGAÇÃO.....	43
2.4.1.6.	POSICIONAMENTO INICIAL E CONTÍNUO .....	43
2.4.2.	IHC.....	45
3.	METODOLOGIA .....	46
3.1.	TÉCNICA .....	46
3.2.	PROCEDIMENTOS .....	47
4.	DESENVOLVIMENTO .....	47
4.1.	FERRAMENTAS.....	47
4.2.	SIX SIGMA .....	47
4.2.1.	CROSS-FUNCTIONAL PROCESS MAP .....	47
4.2.2.	BRAINSTORMING.....	48
4.3.	MAPEAMENTO DO PROCESSO ANTIGO .....	48
4.3.1.	MATRIM .....	49
4.3.2.	DISTÂNCIA PERCORRIDA.....	50
4.3.3.	TEMPO DO PROCESSO .....	50
4.3.4.	PRINCIPAIS FALHAS E PROBLEMAS DO PROCESSO .....	52
4.4.	NOVO PROCESSO DE COLETA .....	53
4.4.1.	MAPEAMENTO DO NOVO PROCESSO .....	54
4.4.2.	ENTENDENDO O IHC .....	56
4.4.3.	FUNCIONAMENTO.....	62
4.4.4.	GRAVAÇÃO DE PONTOS .....	62
4.4.5.	ROTA INICIAL .....	63
4.4.6.	PONTOS DE COLETA .....	65
4.4.7.	ROTA DE ENTREGA.....	67
4.4.8.	PONTOS DE ENTREGA .....	68
4.4.9.	ROTA DE RETORNO.....	69
4.5.	SEGURANÇA DO LGV .....	71
5.	SÍNTESE CONCLUSIVA.....	73
5.1.	CONCLUSÃO .....	74
	REFERÊNCIAS.....	75
	ANEXO A – Tabela com as falhas, alarmes e soluções do LGV .....	77

ANEXO B – Botão Reset e Parada de Emergência do LGV .....	79
ANEXO C – Gráfico de Esforço Muscular (%) x Tempo (mín) e Gráfico de Recuperação Muscular (%) x Tempo de descanso (mín) .....	80

## 1. INTRODUÇÃO

A estruturação adequada dos processos de trabalho é essencial por possibilitar um conhecimento amplo e democrático e por alinhar as ações aos objetivos organizacionais.

O despertar das organizações para a gestão de seus processos vem da necessidade cada vez mais latente por uma estrutura mais enxuta e sistemática, pois precisamos ser cada vez mais velozes, porém devemos entender o aspecto sistemático como um formato em que os envolvidos atuem de maneira organizada e com critério, entendendo seu papel dentro da atividade desenvolvida e compreendendo a sua entrega na contribuição do todo, pois a sinergia que a gestão de processos deseja alcançar não pode ser fator gerador de inflexibilidade nas organizações.

Segundo Bowersox (2014), a função da logística é ser responsável por projetar e administrar sistemas para controlar o transporte e o local dos estoques de matérias-primas, tanto de produtos em processo quanto para produtos acabados, pelo menor custo total.

No Brasil, o custo logístico geral, ou seja, toda despesa gerada pela movimentação de matéria-prima, mercadorias e cargas, ou seja, a operação completa de um CD, consome cerca de 12,7% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, tendo uma maior porcentagem quando comparado a um país desenvolvido, como nos Estados Unidos, que gira em torno de 8,7% (OPENTECH, 2021).

Dentro de qualquer processo de uma empresa, muitos pontos são considerados e analisados. Podemos destacar alguns pontos como o ser humano, ou seja, quando tratamos do colaborador em si de modo geral, olhando para sua função dentro do processo, e analisando os possíveis riscos, e a partir desta análise, trazendo melhorias, sejam elas tecnológicas ou não, para o seu conforto de modo geral, tendo como prioridade a saúde física e mental. Outro ponto de extrema importância e que está alinhado com qualquer processo de uma empresa é a parte de qualidade e o custo da operação. Não necessariamente quanto mais custo tivermos, maior será a qualidade, contudo, sempre tentamos buscar atingir uma maior eficiência dentro da operação.

Para que a eficiência seja elevada em determinada etapa da operação, ou em toda a operação, muitas vezes são utilizadas tecnologias para auxiliar, ou seja, automação dos processos. Automatizar os processos requer muita análise para chegar na melhor opção que se enquadre dentro da operação, levando sempre em consideração os colaboradores.

Tendo isso em mente, este trabalho visa estruturar um projeto de automação no processo de coleta de material acabado por meio de um LGV, a fim de melhorar o processo de coleta.

## **1.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de automação para o processo de coleta de material acabado na manufatura, através da utilização de um LGV (Laser Guided Vehicle), afim de diminuir a necessidade de ações humanas em processos mecânicos visando a preservação da saúde física e mental do colaborador, e reduzir, ou até mesmo excluir, os gaps encontrados, como por exemplo, diminuir o volume de mão de obra necessária para a operação, com relocação de FTE (full-time equivalent), aumentando a eficiência da operação, e conseqüentemente, impactando no tempo necessário para a finalização do processo, e evitando retrabalho por parte da equipe.

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos desse trabalho incluem:

- Mapeamento do processo atual apontando as falhas;
- Automatização do processo atual;
- Reduzir/eliminar riscos ergonômicos do processo;
- Tentativa de reduzir o tempo do processo;
- Aumento da eficiência do processo;
- Comparar os benefícios da solução de automação proposta com o processo manual.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. LOGÍSTICA**

Segundo Ballou e Ronald H. (2007) logística empresarial é um campo relativamente novo do estudo da gestão integrada, das áreas tradicionais das finanças, marketing e produção. Como se viu anteriormente, atividades logísticas foram durante muitos anos exercidas pelos indivíduos. As empresas também estiveram permanentemente envolvidas em atividades de movimentação-armazenagem (transporte-estoque). A novidade então deriva do conceito da gestão coordenada de atividades inter-relacionadas, em substituição à prática histórica de administrá-las separadamente, e do conceito de que a logística agrega valor a produtos e serviços essenciais para a satisfação do consumidor e o aumento das vendas. Embora a gestão coordenada da logística seja uma prática relativamente recente, a ideia da gestão coordenada pode ser localizada nos idos de 1844. Nos ensinamentos de Jules Dupuit, um engenheiro francês, a ideia de intercambiar um custo por outro (custos de transporte por custos de

armazenamento, por exemplo) estava evidente na alternativa entre transporte por via terrestre ou aquática:

*“O fato é que, sendo o transporte por terra mais rápido, mais confiável e menos sujeito a perdas ou danos, apresenta vantagens às quais os negociantes em geral atribuem considerável valor. Contudo, pode ocorrer que uma diferença, para menos, de 0,87 franco induza o comerciante a utilizar a via aquática; ele consegue comprar armazéns e aumentar seu capital fluante de maneira a contar com um abastecimento de mercadorias disponível e adequado para precaver se contra os efeitos da lentidão e irregularidade da via aquática, e se, feitas as contas, a economia de 0,87 franco no transporte servir também para dar-lhe uma vantagem de poucos centimos que seja, ele optará pela nova rota.”*

<i>Consumidor</i>	<i>Gravador de DVD</i>	<i>Software de processamento de textos</i>	<i>Total</i>
Coréia do Sul	US\$ 250,00	US\$ 500,00	US\$ 750,00
Estados Unidos	US\$ 400,00	300,00	700,00
As economias			US\$ 1.450,00

Tabela 01 – Preços ao consumidor para produtos exclusivamente nacionais  
**Fonte:** Ballou, Ronald H.. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (2007)

<i>Consumidor</i>	<i>Gravador de DVD</i>	<i>Software de processamento de textos</i>	<i>Total</i>
Coréia do Sul	US\$ 250,00	US\$ 350,00 <sup>a</sup>	US\$ 600,00
Estados Unidos	US\$ 300,00 <sup>b</sup>	300,00	600,00
As economias			US\$ 1.200,00

<sup>a</sup> Importado dos Estados Unidos.

<sup>b</sup> Importado da Coréia do Sul.

Tabela 02 – Benefícios do intercâmbio comercial quando o transporte é barato  
**Fonte:** Ballou, Ronald H.. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (2007)

Uma definição dicionarizada do termo logística é a que diz:

*“O ramo da ciência militar que lida com a obtenção, manutenção e transporte de material, pessoal e instalações”.*

Essa definição situa a logística num contexto militar. Dadas as distinções entre os objetivos e atividades empresariais e militares, essa definição não engloba a essência da gestão da logística empresarial. Uma representação mais fiel desse campo pode ser aquela refletida na definição promulgada pelo Council of Logistics Management (CLM), uma organização de

gestores logísticos, educadores e profissionais da área criada em 1962 para incentivar o ensino nesse campo e incentivar o intercâmbio de ideias. Sua definição:

*“Logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender às exigências dos clientes.”*

Trata-se de uma excelente definição, uma vez que abrange a noção de que o fluxo das mercadorias deve ser acompanhado desde o ponto em que existem como matérias-primas até aquele em são descartadas. A logística também lida, além de bens materiais, com o fluxo de serviços, uma área com crescentes oportunidades de aperfeiçoamento. Essa definição sugere igualmente ser a logística um processo, o que significa que inclui todas as atividades importantes para a disponibilização de bens e serviços aos consumidores quando e onde estes quiserem adquiri-los. Contudo, a definição implica em que a logística é parte do processo da cadeia de suprimentos, e não do processo inteiro. Assim, o que é o processo da cadeia de suprimentos, ou, como é mais conhecido, gerenciamento da cadeia de suprimentos?

Gerenciamento da cadeia de suprimentos (GCS, ou SCM, do inglês supply chain management) é um termo surgido mais recentemente e que capta a essência da logística integrada e inclusive a ultrapassa. O gerenciamento da cadeia de suprimentos destaca as interações logísticas que ocorrem entre as funções de marketing, logística e produção no âmbito de uma empresa, e dessas mesmas interações entre as empresas legalmente separadas no âmbito do canal de fluxo de produtos. Oportunidades para a melhoria dos custos ou serviços aos consumidores são concretizadas mediante coordenação e colaboração entre os integrantes desse canal nos pontos em que algumas atividades essenciais da cadeia de suprimentos podem não estar sob o controle direto dos especialistas em logística. Embora definições mais antigas, como distribuição física, gestão de materiais, logística industrial, gestão de canais, e até mesmo rhocrematics – termos, todos, utilizados para descrever a logística – tenham promovido este amplo escopo da logística, foram escassas as tentativas de implementar logística além dos limites dos de cada empresa, ou até mesmo além de sua própria função logística interna. Hoje, porém, empresas de varejo estão obtendo sucesso no compartilhamento de informação com os fornecedores, os quais, por sua vez, concordam em manter e gerenciar estoques nas estantes dos varejistas. Estoques no canal e faltas de produtos são menores. As fábricas que operam em esquemas de produção just-in-time estabelecem relacionamentos com fornecedores com benefícios para ambas as partes através da redução dos estoques. Definições da cadeia de

suprimentos e da gestão de cadeia de suprimentos que refletem esse escopo mais amplo incluem:

- A cadeia de suprimentos abrange todas as atividades relacionadas com o fluxo e transformação de mercadorias desde o estágio da matéria-prima (extração) até o usuário final, bem como os respectivos fluxos de informação. Materiais e informações fluem tanto para baixo quanto para cima na cadeia de suprimentos.
- O gerenciamento da cadeia de suprimentos (GCS) é a integração dessas atividades, mediante relacionamentos aperfeiçoados na cadeia de suprimentos, com o objetivo de conquistar uma vantagem competitiva sustentável.

Depois de cuidadoso estudo das várias definições oferecidas a respeito, Mentzer et al. propõem a seguinte definição mais ampla e abrangente:

*O gerenciamento da cadeia de suprimentos é definido como a coordenação estratégica sistemática das tradicionais funções de negócios e das táticas ao longo dessas funções de negócios no âmbito de uma determinada empresa e ao longo dos negócios no âmbito da cadeia de suprimentos, com o objetivo de aperfeiçoar o desempenho a longo prazo das empresas isoladamente e da cadeia de suprimentos como um todo.*

O modelo de gerenciamento de cadeia de suprimentos na Figura 01, visto como uma fonte de informações, mostra o escopo desta definição. É importante destacar que a gerenciamento da cadeia de suprimentos trata da coordenação do fluxo de produtos ao longo de funções e de empresas para produzir vantagem competitiva e lucratividade para cada uma das companhias na cadeia de suprimentos e para o conjunto dos integrantes dessa mesma cadeia.

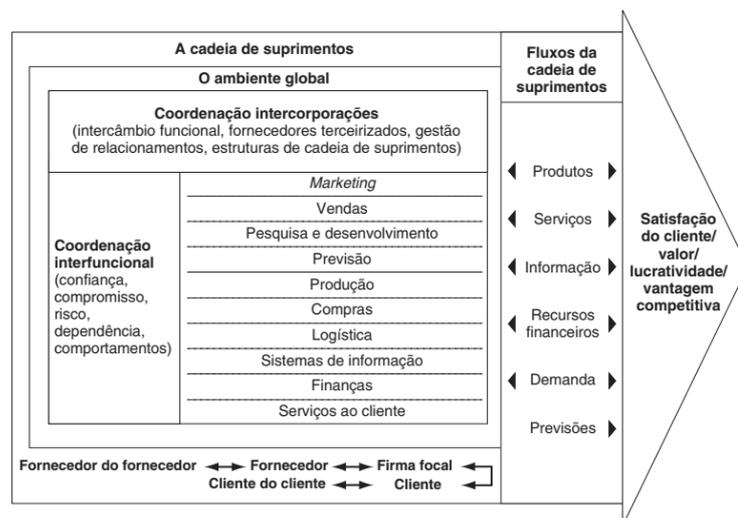


Figura 01 – Modelo de gerenciamento da cadeia de suprimentos.  
**Fonte:** Ballou, Ronald H.. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (2007)

### **2.1.1.A CADEIA DE SUPRIMENTOS**

De acordo com Ballou e Ronald H. (2007) a Logística/Cadeia de Suprimentos é um conjunto de atividades funcionais (transportes, controle de estoques etc.) que se repetem inúmeras vezes ao longo do canal pelo qual matérias-primas vão sendo convertidas em produtos acabados, aos quais se agrega valor ao consumidor. Uma vez que as fontes de matérias-primas, fábricas e pontos de venda em geral não têm a mesma localização e o canal representa uma sequência de etapas de produção, as atividades logísticas podem ser repetidas várias vezes até um produto chegar ao mercado. Então, as atividades logísticas se repetem à medida que produtos usados são transformados a montante no canal logístico.

Uma única firma, em geral, não tem condições de controlar integralmente seu canal de fluxo de produtos da fonte da matéria-prima até os pontos de consumo, mesmo sendo esta uma oportunidade emergente. Para finalidades práticas, a logística empresarial tem, em cada firma, um escopo mais reduzido. Normalmente, espera-se um nível máximo de controle gerencial sobre os canais físicos imediatos de suprimento e distribuição, como se mostra na Figura 02. O canal físico de suprimento diz respeito à lacuna em tempo e espaço entre as fontes materiais imediatas de uma empresa e seus pontos de processamento. De maneira semelhante, o canal físico de distribuição se refere à lacuna de tempo e espaço entre os pontos de processamento da empresa e seus clientes. Devido às semelhanças de atividades entre os dois canais, o suprimento físico (mais usualmente chamado de Gerenciamento de Materiais) e a Distribuição Física compreendem aquelas atividades que são integradas na Logística Empresarial. A gestão da logística empresarial passou a ser em geral chamada de gerenciamento da cadeia de suprimentos. São também usados termos como redes de valor, corrente de valor e logística enxuta a fim de descrever escopo e objetivo similares. A evolução da gerência do fluxo de produtos para o GCS é registrada na Figura 03.

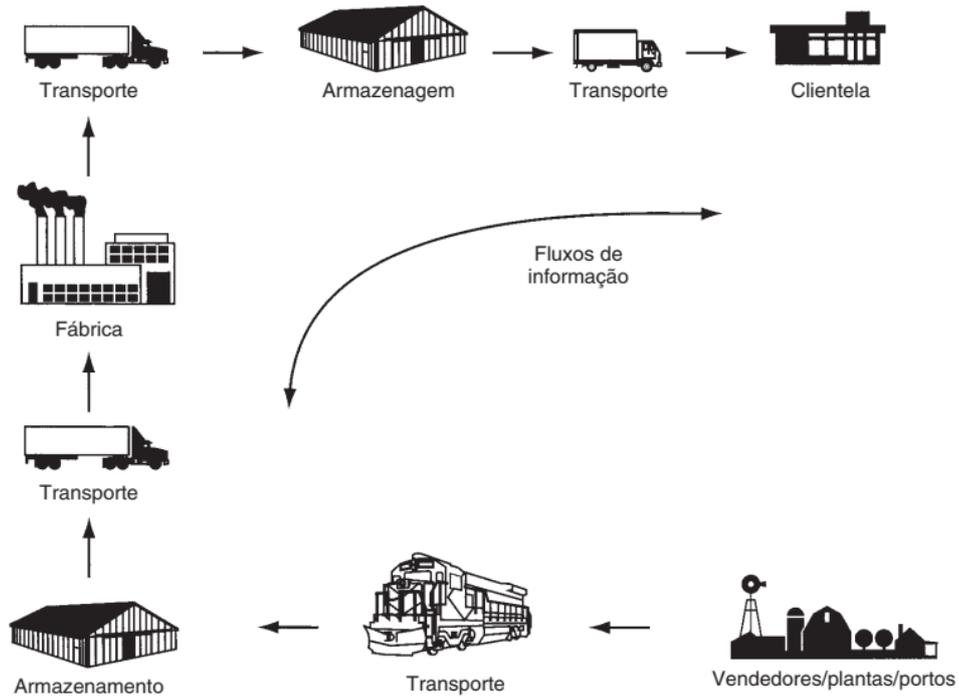


Figura 02 – A cadeia de suprimentos imediata da empresa.  
**Fonte:** Ballou, Ronald H.. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (2007)

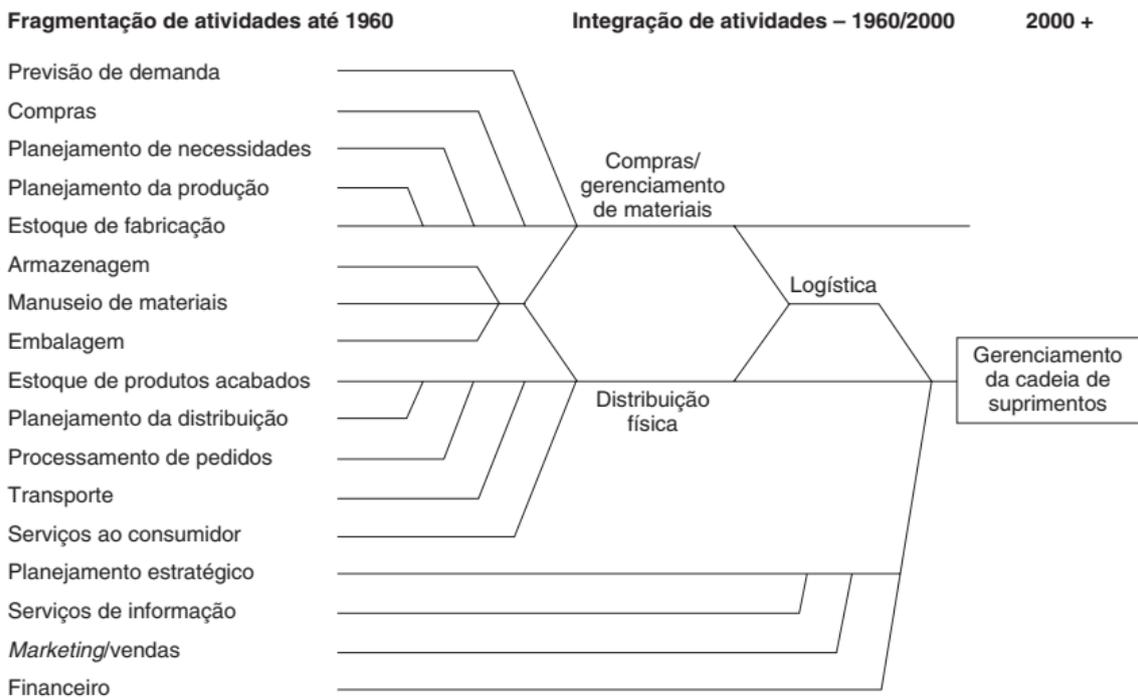


Figura 03 – Evolução da logística para cadeia de suprimentos.  
**Fonte:** Ballou, Ronald H.. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (2007)

### 2.1.2. A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA DE SUPRIMENTOS

A logística de acordo com Ballou e Ronald H. (2007) trata da criação de valor – valor para os clientes e fornecedores da empresa, e valor para todos aqueles que têm nela interesses diretos. O valor da logística é manifestado primariamente em termos de tempo e lugar. Produtos e serviços não têm valor a menos que estejam em poder dos clientes quando (tempo) e onde (lugar) eles pretenderem consumi-los. Por exemplo, os bares que servem bebidas e lanches nos estádios de esportes não terão valor algum para os consumidores, a menos que sejam de fácil acesso por esse público, nos eventos esportivos e artísticos, e contem com estoques correspondentes à demanda característica dessas ocasiões. A boa administração logística interpreta cada atividade na cadeia de suprimentos como contribuinte do processo de agregação de valor. Quando pouco valor pode ser agregado, torna-se questionável a própria existência dessa atividade. Contudo, agrega-se valor quando os consumidores estão dispostos a pagar, por um produto ou serviço, mais que o custo de colocá-lo ao alcance deles. Para incontáveis empresas no mundo inteiro, a logística vem se transformando num processo cada vez mais importante de agregação de valor, por incontáveis razões.

A escolha de uma boa estratégia de logística/CS exige o emprego de grande parte dos mesmos processos criativos inerentes ao desenvolvimento de uma boa estratégia corporativa. Abordagens inovadoras de estratégia de logística/CS podem proporcionar vantagens competitivas.

<i>Área da decisão</i>	<i>Nível da decisão</i>		
	<i>Estratégica</i>	<i>Tática</i>	<i>Operacional</i>
Localização das instalações	Quantidade, área e localização de armazéns, plantas e terminais		
Estoques	Localização de estoques e normas de controle	Níveis dos estoques de segurança	Quantidades e momento de reposição
Transporte	Seleção de modal	<i>Leasing</i> de equipamento periódico	Roteamento, despacho
Processamento de pedidos	Projeto do sistema de entrada, transmissão de pedidos e processamento		Processamento de pedidos, atendimento de pedidos pendentes
Serviço aos clientes	Padrões de procedimentos	Regras de priorização dos pedidos de clientes	Preparação das remessas
Armazenagem	Seleção do material de deslocamento, leiaute da instalação	Escolhas de espaços sazonais e utilização de espaços privados	Separação de pedidos e reposição de estoques
Compra	Desenvolvimento de relações fornecedor-comprador	Contratação, seleção de fornecedores, compras antecipadas	Liberação de pedidos e apressar compras

Tabela 03 – Exemplos de processo de decisão estratégica, tática e operacional  
**Fonte:** Ballou, Ronald H.. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (2007)

## 2.2. ERGONOMIA

A ergonomia desenvolveu-se durante a Segunda Guerra Mundial pela primeira vez houve uma conjugação sistemática de esforços entre a tecnologia ciências humanas e biológicas para resolver problemas de projeto médicos psicólogos antropólogos e engenheiros trabalharam juntos para resolver os problemas causados pela operação de equipamentos militares complexos os resultados desse esforço interdisciplinar foram muito gratificantes a ponto de serem aproveitados pela indústria no pós-guerra

O interesse nesse novo ramo de conhecimento cresceu rapidamente em especial na Europa e nos Estados Unidos. Na Inglaterra cunhou-se o termo ergonomia e fundou-se, em 1949, a primeira sociedade de pesquisa em ergonomia. Em 1961 foi criada a Associação Internacional de Ergonomia (IEA). Atualmente ela representa as associações de ergonomia de 40 diferentes países com um total de 19 mil sócios. No Brasil, a Associação Brasileira de Ergonomia (Abergo) foi fundada em 1983 e é afiliada à IEA.

### 2.2.1.O QUE É ERGONOMIA?

O termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon*, que significa trabalho e *nomos*, que significa regras. Nos Estados Unidos usa-se também, como sinônimo, *human factors*, que significa fatores humanos. Resumidamente, pode-se dizer que a ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho

De acordo com Jan Dul e Bernard Weerdmeester (2012), há uma definição formal da ergonomia adotada pela IEA: “*Ergonomia (ou fatores humanos) é uma disciplina científica que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações da teoria, princípios e métodos de projeto, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.*”

Nos projetos do trabalho e das situações cotidianas, a ergonomia focaliza o homem. As condições de insegurança, insalubridade, desconforto e ineficiência são eliminadas adaptando-as às capacidades de limitações físicas e psicológicas do homem.

As áreas de estudo dentro da Ergonomia são muitas. Ela estuda a postura e os movimentos corporais em diversos cenários, como por exemplo, em pé, sentado, empurrando, puxando ou levantando cargas. Temos a parte dos fatores ambientais, que seriam os ruídos, vibrações, iluminação, clima, agentes químicos. Informação, que são as informações captadas pela visão, audição, tato, e outros sentidos). Relações entre mostradores e controles, bem como cargos e

tarefas. A conjugação adequada desses fatores permite projetar ambientes saudáveis, confortáveis, seguros e eficientes, tanto no trabalho quanto na vida pessoal.

### **2.2.2. BASES BIOMECÂNICAS, FISIOLÓGICAS E ANTROPOMÉTRICAS**

Diversos princípios importantes da ergonomia derivam-se de outras áreas do conhecimento como a biomecânica, fisiologia e antropometria.

Essa base de conhecimento é de extrema importância para formular as recomendações sobre a postura e o movimento.

#### **2.2.2.1. BIOMECÂNICA**

Quando estudamos biomecânica, entendemos que é onde aplicam-se as leis físicas da mecânica ao corpo humano. A partir disso, podemos estimar alguns dados, como as tensões que ocorrem nos músculos e articulações durante uma postura ou um movimento. A seguir veremos os princípios fundamentais e importantes da biomecânica para a ergonomia.

##### **2.2.2.1.1. MANTER AS ARTICULAÇÕES EM POSIÇÃO NEUTRA**

Para conservar uma postura ou realizar um movimento adequado, as articulações sempre devem ser mantidas, o quanto possível, na sua posição neutra, pois nesta posição os músculos e os ligamentos são tencionados ao mínimo. Em outras palavras, são esticados o menos possível, além disso, os músculos são capazes de liberar a força máxima quando as articulações estão na posição neutra.

Exemplos de más posturas, onde as articulações não estão em posição neutra: braços erguidos, perna levantada, cabeça levantada ou abaixada, tronco inclinado etc.

##### **2.2.2.1.2. CONSERVAR OS PESOS PRÓXIMOS AO CORPO**

Os pesos de modo geral devem ser mantidos próximos do corpo, obviamente na medida do possível. Quanto mais o peso estiver afastado do corpo, mais os braços serão tencionados e o corpo penderá para frente. As articulações como cotovelo, ombro e costas, serão mais exigidas, aumentando as tensões sobre elas e seus respectivos músculos.

#### **2.2.2.1.3. EVITAR CURVAR-SE PARA FRENTE**

Os períodos prolongados com o corpo inclinado devem ser evitados sempre que possível. Creio que qualquer pessoa já tenha passado, ou irá passar, por uma situação em que necessitou ficar com o corpo inclinado por algum tempo, seja curto ou longo.

A parte superior do corpo de um adulto, acima da cintura, pesa em média 40 kg. Quando inclinamos o tronco para frente, há uma contração dos músculos e dos ligamentos das costas para manter essa posição. A tensão é maior na parte inferior do tronco, onde geralmente os seres humanos sentem mais dores.

#### **2.2.2.1.4. EVITAR TORÇÕES DO TRONCO**

Posturas torcidas do tronco causam tensões indesejáveis nas vértebras. Isso acontece porque os discos elásticos que existem entre as vértebras são tensionados, e as articulações e músculos que existem nos dois lados da coluna vertebral são submetidos a cargas assimétricas, que são cargas extremamente prejudiciais para o tronco.

#### **2.2.2.1.5. EVITAR MOVIMENTOS BRUSCOS – PRODUZEM PICOS DE TENSÃO**

Não é necessário que uma pessoa seja especialista para ter noção que movimentos bruscos são prejudiciais. Diversas vezes durante nosso dia acabamos realizando, muitas vezes sem querer, movimentos bruscos.

Movimentos bruscos podem produzir um alto pico de tensão de curta duração. Esse pico de tensão é resultado da aceleração do movimento. Sabe-se que levantamentos rápidos de carga podem produzir fortes dores nas costas, assim como movimentos feitos de maneira errada. O levantamento de carga deve ser feito gradualmente. É necessário pré-aquecer a musculatura antes de fazer uma grande força. Os movimentos devem ter um ritmo suave e contínuo, para evitar tensões bruscas.

#### **2.2.2.1.6. ALTERNAR POSTURAS E MOVIMENTOS**

Nenhuma postura ou movimento repetitivo deve ser mantido por um longo período. Essas posturas prolongadas e os movimentos repetitivos são muito fatigantes. No curto prazo a maioria das pessoas não sentem o impactado, contudo, ao longo prazo podem produzir lesões nos músculos e articulações. Isso pode ser prevenido com uma alternância das posturas, movimentos ou até mesmo da atividade. Significa por exemplo, alterar as posições sentadas por posições em pé e andando. Pode-se também fazer rodízios periódicos, de um posto de trabalho

para outro, entre os trabalhadores envolvidos em atividades que exigem movimentos muito repetitivos, desde que os movimentos exigidos nesses postos sejam diferentes.

#### **2.2.2.1.7. RESTRINGIR A DURAÇÃO DO ESFORÇO MUSCULAR CONTÍNUO**

Assim como os movimentos repetitivos são prejudiciais, a tensão contínua de certos músculos do corpo, como resultado de uma postura prolongada ou de movimentos repetitivos, provoca fadigas musculares localizadas, resultando em desconforto e queda do desempenho. Quanto maior o esforço muscular, menor se torna o tempo suportável. A maioria das pessoas não conseguem manter um esforço máximo além de alguns segundos. Para se ter noção, com 50% do esforço muscular máximo, o tempo suportável é de aproximadamente dois minutos.

#### **2.2.2.1.8. PREVINIR A EXAUSTÃO MUSCULAR**

A exaustão muscular é outro ponto importante. Ela deve ser evitada porque, se isso ocorrer, há uma demora de vários minutos para a recuperação. Observa-se que um músculo exausto requer cerca de 30 minutos para recuperar 90% da sua capacidade. Músculos meio exaustos atingem a mesma recuperação em cerca de 15 minutos. Por lógica, podemos observar que o processo completo de recuperação pode demorar várias horas.

#### **2.2.2.1.9. FAZER PAUSAS CURTAS E FREQUENTES**

A fadiga muscular pode ser reduzida com diversas pausas curtas distribuídas ao longo da jornada de trabalho. Isso é melhor que pausas longas concedidas no final da atividade ou final da jornada de trabalho.

Muitas vezes, essas pausas curtas já existem naturalmente dentro do próprio ciclo do trabalho. Do contrário, é necessário programar pausas periódicas durante o ciclo de trabalho

### **2.2.3. FISIOLOGIA**

A fisiologia de acordo com Jan Dul e Bernard Weerdmeester (2012) pode estimar a demanda energética do coração e dos pulmões exigida para um esforço muscular. Já vimos que a fadiga pode ocorrer com o esforço muscular contínuo e localizado. Ela pode também com o esforço físico realizado durante longos períodos. O fator limitante neste caso é a energia que o coração e os pulmões podem fornecer aos músculos, para manter uma postura ou realizar movimentos. Alguns princípios fisiológicos que interessam à ergonomia são apresentados a seguir.

### **2.2.3.1. LIMITAR O GASTO ENERGÉTICO NO TRABALHO**

A maioria da população pode executar tarefas usuais por longo tempo sem sentir fadiga pelo esgotamento energético, desde que esta não exceda 250 Watts ( $1 \text{ W} = 0,006 \text{ kJ/min} = 0,0143 \text{ kcal/min}$ ). Essa cifra inclui a quantidade de energia de aproximadamente 80 W, chamado de metabolismo basal. O organismo humano, mesmo em completo repouso, consome a energia correspondente ao metabolismo basal, ou seja, o corpo humano nunca desliga. O corpo necessita dessa energia apenas para manter as funções vitais, sem realizar trabalho externo. A energia adicional é aplicada no trabalho

Até o limite acima apresentado, a atividade não é considerada pesada e não são necessárias pausas especiais no trabalho ou alternância com tarefas mais leves para a recuperação do organismo. Para ser ter uma ideia, digitação, montagem de pequenas peças, trabalhos domésticos, operação de máquinas leves, andar a passo normal ou pedalar por lazer são consideradas atividades com demanda energética menor que 250 W.

### **2.2.3.2. TRABALHOS PESADOS**

Se a energia gasta durante uma tarefa exceder 250 W, torna-se necessário introduzir uma pausa para recuperação. A pausa pode ser uma interrupção da atividade ou a substituição por uma tarefa mais leve. Em ambos os casos, o nível da atividade deve ser reduzido, esse é o objetivo principal, de modo que o gasto energético médio durante toda a jornada não exceda 250 W.

A Tabela 04 abaixo apresenta exemplos de algumas atividades que demandam gastos energéticos acima de 250 W. Deve-se observar também que a recuperação se torna mais efetiva quando são feitas diversas pausas periódicas distribuídas ao longo da jornada. Não se deve esperar pelo término da atividade ou final da jornada para conceder essas pausas, pois como já falamos anteriormente, pode levar os músculos à exaustão.

<b>Atividade</b>	<b>Gasto Energético</b>
Andar a 4 km/h com peso de 30kg	370 W
Levantar peso de 1 kg, 1 vez/seg	600 W
Correr a 10 km/h	670 W
Pedalar a 20 km/h	670 W
Subir escada de 30 degraus, 1 km/h	960 W

Tabela 04 – Exemplos de atividades pesadas e seus gastos energéticos acima de 250 W  
**Fonte:** Dul, Bernard Weerdmeester. Ergonomia Prática (2012)

#### **2.2.4. ANTROPOMETRIA**

A antropometria de acordo Jan Dul e Bernard Weerdmeester (2012) ocupa-se das dimensões e proporções do corpo humano. Os princípios antropométricos que interessam à ergonomia são apresentados a seguir.

##### **2.2.4.1. CONSIDERAR AS DIFERENÇAS INDIVIDUAIS DO CORPO**

Os projetistas dos postos de trabalho, máquinas e móveis, devem lembrar sempre que existem diferenças individuais entre os usuários. A altura de uma cadeira adequada para um indivíduo médio pode ser desconfortável para pessoas mais altas, ou até mesmo mais baixas. Para este caso uma cadeira que tenha ajustes de altura é o ideal, pois pode adaptar-se para diferentes pessoas.

Há casos em que o projeto é dimensionado deliberadamente para um dos extremos da população. Por exemplo, um painel de controle, que deve ser alcançado com os braços, deve ser dimensionado pela dimensão mínima dos braços de seus usuários. Assim, a maioria da população poderia alcançá-lo. No outro extremo, temos como exemplo a largura de uma saída de emergência, por exemplo, deve ser dimensionada para o extremo superior. Se fosse dimensionada pela média, 50% da população ficaria entalada.

##### **2.2.4.2. USAR TABELAS ANTROPOMÉTRICAS ADEQUADAS NO PROJETO**

As tabelas antropométricas, que apresentam as dimensões do corpo, pesos e alcances dos movimentos, referem-se sempre a uma determinada população e nem sempre podem ser aplicadas para outras populações, situações etc. Por exemplo a Tabela 05 abaixo, apresenta dimensões dos homens e mulheres ingleses.

Variável (mm)	Homens ingleses				Mulheres inglesas			
	Baixos 5%	Médios 50%	Altos 95%	Desvio Padrão	Baixos 5%	Médios 50%	Altos 95%	Desvio Padrão
Estatuta (corpo ereto)	1625	1740	1855	70	1505	1610	1710	62
Altura dos olhos (corpo ereto)	1515	1630	1745	69	1405	1505	1610	61
Altura dos ombros (corpo ereto)	1315	1425	1535	66	1215	1310	1405	58
Altura do cotovelo (corpo ereto)	1005	1090	1180	52	930	1005	1085	46
Altura dos quadris (corpo ereto)	840	920	1000	50	740	810	885	43
Altura do centro da mão (corpo ereto)	690	755	825	41	660	720	780	36
Altura da ponta dos dedos (corpo ereto)	590	655	720	38	560	625	685	38
Altura da cabeça (sentado)	850	910	965	36	795	850	910	35
Altura dos olhos (sentado)	7135	790	845	35	685	740	795	33
Altura dos ombros (sentado)	540	595	645	32	505	555	610	31
Altura dos cotovelos (sentado)	195	245	295	31	185	235	280	29
Altura da parte superior das coxas (sentado)	135	160	185	15	125	155	180	17
Comprimento nádegas Joelho (sentado)	540	595	645	31	520	570	620	30
Comprimento nádegas-poplíteia (sentado)	440	495	550	32	435	480	530	30
Altura do joelho (sentado)	490	545	595	32	455	500	540	27
Altura poplíteia (sentado)	395	440	490	29	355	400	445	27
Largura dos ombros (bideltoide)	420	465	510	28	355	395	435	24
Largura dos ombros (biacromial)	365	400	430	20	325	355	385	18
Largura dos quadris (sentado)	310	360	405	29	310	370	435	38
Profundidade do tórax (sentado)	215	250	285	22	210	250	295	27
Profundidade do abdômen (sentado)	220	270	325	32	205	255	305	30
Comprimento ombro-cotovelo (na vertical)	330	365	395	20	300	330	360	17
Comprimento cotovelo-ponta dos dedos (horizontal)	440	475	510	21	400	430	460	19
Comprimento do braço (na horizontal)	720	780	840	36	655	705	760	32
Comprimento ombro-centro da mão (horizontal)	610	665	715	32	555	600	650	29
Largura da cabeça (de perfil)	180	195	205	8	165	180	190	7
Largura da cabeça (de frente)	145	155	165	6	135	145	150	6
Comprimento da mão	175	190	205	10	160	175	190	9
Largura da palma da mão	80	85	95	5	70	75	85	4
Comprimento do pé	240	265	285	14	215	235	255	12
Largura do pé	85	95	110	6	80	90	100	6
Envergadura	1655	1790	1925	83	1490	1605	1725	71
Distância entre os cotovelos (na horizontal)	865	945	1020	47	780	850	920	43
Altura do centro da mão (corpo ereto, braço esticado)	1925	2060	2190	80	1790	1905	2020	71
Altura do centro da mão (sentado, braço esticado)	1145	1245	1340	60	1060	1150	1235	53
Alcance horizontal (braço esticado)	720	780	835	34	650	705	755	31
Peso (kg)	55	75	94	12	44	63	81	11

Tabela 05 – Medidas antropométricas de ingleses adultos – 19 a 65 anos

Fonte: Dul, Bernard Weerdmeester. Ergonomia Prática (2012)

### 2.2.5. POSTURA

A postura de acordo Jan Dul e Bernard Weerdmeester (2012), é frequentemente, determinada pela natureza da atividade ou do posto de trabalho. As posturas prolongadas podem prejudicar os músculos e as articulações. Iremos analisar o estresse provocado por longos períodos de posturas, sejam elas sentadas ou em pé. Problemas semelhantes ocorrem com o uso prolongado das mãos e braços, como no manejo de ferramentas manuais.

As características do cargo determinam a melhor postura básica: sentada, em pé ou combinações sentada/em pé. Alguns postos de trabalho permitem alternar as posturas sentada/em pé.

#### **2.2.5.1. TRABALHO EM PÉ**

A posição em pé é recomendada para os casos em que há frequentes deslocamentos do local de trabalho ou quando há necessidade de aplicar grandes forças.

Não se recomenda passar o dia todo na posição em pé, pois isso provoca fadiga nas costas e pernas. Um estresse adicional pode aparecer quando o tronco fica inclinado, provocando dores no pescoço e nas costas. Além disso, trabalhar com os braços para cima, sem apoio algum, provoca dores nos ombros.

As atividades que exigem longo tempo na posição de pé devem ser intercaladas com outras, que possam ser realizadas na posição sentada ou andando. Deve-se permitir que os trabalhadores possam sentar-se durante as pausas naturais do trabalho. É o caso, por exemplo, de operadores de máquinas e vendedores em lojas. Também pode-se projetar postos de trabalho que permitam alternar a postura sentada com a em pé.

Geralmente recomenda-se as seguintes alternativas para ajudar na postura do trabalho em pé:

- I. Ajustar a altura da superfície de trabalho em pé para a atividade;
- II. Ajustar a altura da bancada;
- III. Não usar estados;
- IV. Reservar espaço suficiente para pernas e pés;
- V. Evitar alcances excessivos;
- VI. Colocar uma superfície inclinada para leituras;

#### **2.2.5.2. POSTURAS DAS MÃOS E BRAÇOS**

O trabalho por longos períodos, usando as mãos e os braços em posturas inadequadas, pode produzir dores nos punhos, cotovelos e ombros. Quando o punho fica muito tempo inclinado, pode haver inflamação dos nervos, resultando em dores e sensações de formigamento nos dedos.

Dores no pescoço e nos ombros podem ocorrer quando se trabalha muito tempo com os braços levantados, sem apoio. Esses problemas ocorrem principalmente com o uso de ferramentas manuais. As dores se agravam quando há aplicação de forças ou se realizam

movimentos repetitivos com as mãos. Em casos mais graves podem surgir lesões por traumas repetitivos, conhecidas como LER (lesão por esforço repetitivo).

## **2.2.6.MOVIMENTOS**

Vários tipos de tarefas exigem movimentos do corpo todo, exercendo força. Esses movimentos podem causar tensões mecânicas localizadas. Com o tempo, acabam causando dores. Os movimentos também podem exigir muita energia, provocando sobrecarga nos músculos, coração e pulmões.

Como o foco do estudo realizado é o voltado para esforços para puxar e empurrar cargas, iremos abordar estes dois, tendo em vista que temos diversos outros esforços.

### **2.2.6.1. PUXAR E EMPURRAR CARGAS**

O movimento de puxar ou empurrar cargas provoca tensões nos braços, ombros e costa. Essas tensões podem ser aliviadas com um desenho adequado dos carrinhos.

Para colocar um carrinho em movimento, puxando ou empurrando, a força exercida não deve ultrapassar 200 N (cerca de 20 kg força). Embora a força exigida seja frequentemente maior, este limite é colocado para evitar maiores tensões mecânicas, principalmente nas costas. Para movimentos com durações superiores a um minuto, a força permitida para puxar ou empurrar cai para 100 N.

Na prática, isso significa que carrinhos com peso total superior a 700 kg, não devem ser movidos manualmente. Naturalmente, esse limite pode variar, dependendo do tipo de carrinho, tipo de piso, forma das rodas e assim por diante. Nos casos em que esse peso é ultrapassado, o carrinho deve ser motorizado, usando-se por exemplo, empilhadeiras elétricas.

Outro ponto importante é a postura correta para puxar ou empurrar. Geralmente a postura correta é aquela que permite usar o peso do próprio corpo a favor do movimento. Para puxar, o corpo deve pender para trás, e para empurrar, inclinar para frente. O atrito entre o calçado e o piso deve ser suficiente para permitir esses movimentos. Deve existir também espaço suficiente para as pernas para que essas posturas se tornem possíveis.

Para puxar o empurrar, a distância horizontal entre o pé mais afastado e as mãos deve ser de 120 cm, no mínimo. Para puxar, deve existir um espaço sob o carrinho para que um dos pés fique na projeção vertical das mãos, conforme figura 04 abaixo:

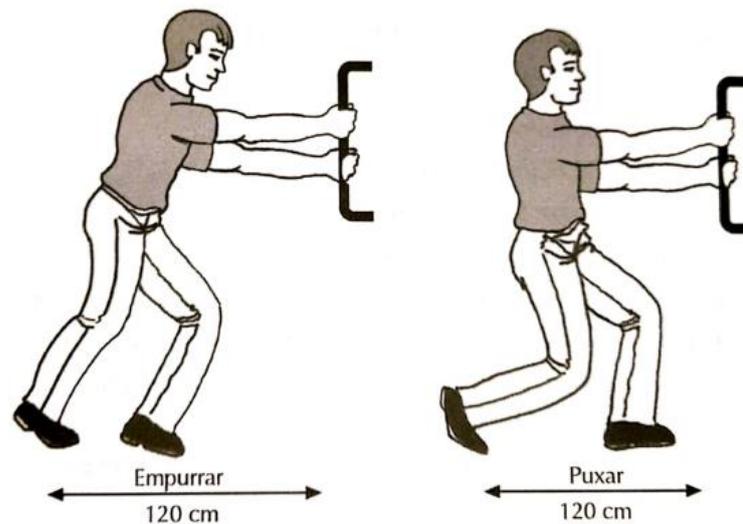


Figura 04 – Exemplo do movimento para empurrar e puxar.  
**Fonte:** Dul, Bernard Weerdmeester. Ergonomia Prática (2012)

### 2.3. LEAN & SIX SIGMA

Lean e Six Sigma têm um forte foco em processos, trabalho de projeto e trabalho de melhoria, e podem ser aplicados nos setores de manufatura e serviços. Não há contradição entre os objetivos em Lean e Six Sigma. Ambas podem ser abordagens apropriadas para que as organizações façam progressos importantes, muitas vezes essa melhoria se estende para incluir fornecedores e outras partes interessadas. Lean aborda o fluxo e o desperdício do processo, enquanto o Six Sigma aborda a variação e o design.

O pensamento do Lean é fundamentalmente orientado pelo valor do cliente. Inclui ideias de melhorias contínuas, estruturas organizacionais achatadas, trabalho em equipe, eliminação de desperdícios, uso eficiente de recursos e gestão cooperativa da cadeia de suprimentos.

A metodologia Lean fornece um conjunto de soluções padrões para problemas comuns e otimiza processos em toda a cadeia de valor. Evidências sugerem que métodos e ferramentas Lean têm ajudado organizações, de diversos setores, a melhorar suas operações e processos.

Six Sigma é uma metodologia que melhora os processos de negócios com base no entendimento, no controle da variação e na redução do custo da má qualidade. A metodologia Six Sigma tornou-se uma das estratégias mais significativas para melhoria de processos e produtos, e sugere que existe uma correlação direta entre os defeitos que aparecem nos produtos e a satisfação do cliente. Pode ser aplicado em muitos contextos e processos diferentes, mas um aspecto central é a liderança comprometida em todos os níveis. O Six Sigma baseou seu sucesso no uso de métodos estatísticos para identificar defeitos e melhorar processos e, ao mesmo

tempo, responder às vozes dos clientes. Recentemente, muitas grandes organizações, bem como em pequenas e médias empresas estão usando a estratégia Six Sigma.

O Lean visa o tempo de ciclo e a eliminação de desperdícios, enquanto o Six Sigma procura eliminar defeitos e reduzir a variação. O Lean não pode trazer um processo sob controle estatístico, enquanto o Six Sigma sozinho não pode melhorar drasticamente a velocidade do processo de produção e reduzir o capital investido. Portanto, é necessária uma combinação entre os dois métodos, podendo resultar na redução da variação do processo e eliminação de desperdícios.

O uso conjunto de Lean e Six Sigma apareceu na literatura acadêmica. O conceito Lean Six Sigma surgiu como uma abordagem equilibrada que incorpora princípios e conceitos de ambos os conceitos, procurando criar uma sinergia entre suas funcionalidades. George (2002) afirma que “Lean Six Sigma ajuda as empresas a florescer em um novo mundo onde os clientes não esperam defeitos e entrega rápida a um custo mínimo”. O Lean Six Sigma visa maximizar o valor do acionista, alcançando melhorias rápidas na satisfação do cliente, custo da qualidade e velocidade do processo.

Essas duas estratégias vitais foram efetivamente integradas, permitindo que as empresas atendam e superem as expectativas dos clientes em um ambiente global em mudança e competitivo. Ao implementar esta metodologia, as empresas podem melhorar o ambiente de negócios e, portanto, o desempenho. Lean Six Sigma incluem métodos e valores, que suportam a colaboração.

### **2.3.1. SUPPLY CHAIN**

Desenvolver o desempenho de uma cadeia de suprimentos requer foco na interação de processos e não na otimização de processos isolados. Para o desempenho geral da cadeia, é fundamental a colaboração entre os parceiros da cadeia de suprimentos. Pode ajudar as empresas a encontrar soluções de cadeia de suprimentos que possam melhorar suas capacidades e competitividade. A colaboração é a confluência de todas as partes da cadeia de suprimentos atuando em uníssono em direção a objetivos comuns.

Andersson e Hammersberg (2007) consideram que a melhor solução para o desempenho da cadeia de suprimentos seria colaborar com todas as empresas, mas é bastante complicado. É por isso que o ponto de partida é olhar para as decisões dos principais fornecedores ou clientes para colaborar.

As novas formas de colaboração são uma resposta à competição global e à necessidade estratégica das cadeias de suprimentos de combinar recursos para serem competitivas (BAK, 2007). A colaboração está incluída em muitas definições de cadeia de suprimentos e aparece como um dos princípios que caracterizam a resiliência da cadeia de suprimentos. A prática da colaboração também é o princípio central no desenvolvimento de cadeias de suprimentos flexíveis. Muitas vezes não é possível colaborar com todas as empresas da cadeia de suprimentos, mesmo que todas as empresas sejam importantes. As colaborações oferecem muitos recursos de valor agregado à cadeia de suprimentos, mas desenvolver e manter a colaboração requer tempo e esforço consideráveis. A colaboração da cadeia de suprimentos só é eficaz se as ferramentas de colaboração forem integradas e usadas em conjunto pelos parceiros da cadeia de suprimentos.

O objetivo é integrar e coordenar todas as atividades e processos em toda a cadeia de suprimentos por meio de colaboração aprimorada e troca de informações. A colaboração eficaz também abrange o processo de planejamento, desenvolvimento, coordenação, organização, integração e controle em toda a cadeia de suprimentos. Os gerentes de toda a cadeia de suprimentos devem se interessar pelo sucesso uns dos outros e trabalhar juntos para tornar toda a cadeia de suprimentos competitiva. Hoje, o planejamento de continuidade de negócios geralmente continua sendo uma atividade focada em uma empresa; pouquíssimas empresas têm um verdadeiro entendimento da composição da rede além da primeira camada e, no entanto, muitas vezes é nessas camadas mais distantes que se origina o risco à continuidade dos negócios. A colaboração é necessária para obter a integração da cadeia de suprimentos.

### **2.3.2. LEAN & SIX SIGMA: INTEGRAÇÃO NO SUPPLY CHAIN**

A literatura existente promove a importância da integração dentro da empresa. No entanto, alguns autores consideram que não existe uma definição universalmente aceita de LM, reconhecendo-se que há uma imprecisão conceitual sobre ela e que mais conhecimento é necessário. O escopo da integração pode incluir integração a montante, a jusante e estendida. Segundo Fabbe-Costesand Jahre (2008), o SCI é um conceito multidimensional de natureza complexa. Através da integração de toda a cadeia de suprimentos, está sendo criado valor para o cliente. O desafio da Gestão da Cadeia de Suprimentos é integrar as operações em várias empresas que estão engajadas pela mesma proposta de valor. A integração da cadeia de suprimentos refere-se tanto à necessidade de integração estratégica e operacional dentro e através do negócio quanto à integração relacional com clientes e fornecedores.

A integração da cadeia de suprimentos é estratégica, que busca minimizar os custos operacionais e, assim, aumentar os valores para os clientes e acionistas, por meio da vinculação de todos os atores participantes em todo o sistema. Steven e Johnson (2016) consideram que SCI é o alinhamento, ligação e coordenação de pessoas, processos, informações e estratégias em toda a cadeia de suprimentos entre todos os pontos de contato e influência para facilitar os fluxos eficientes e eficazes de material, dinheiro, informação e conhecimento em resposta às necessidades do cliente.

O SCI é caracterizado por pensar, trabalhar e tomar decisões em conjunto, sustentado por princípios de fluxo, simplicidade e minimização de desperdícios. Portanto, seu escopo inclui conhecimento de governança, estrutura organizacional, sistemas, gestão de relacionamento, estratégia de negócios, desenho de processos e gestão de desempenho.

O grau de integração na cadeia de suprimentos muitas vezes influencia o custo e a eficiência de maneira positiva. Além disso, os resultados da integração na melhoria entre as empresas geralmente são objetivos logísticos aprimorados na cadeia de suprimentos. Bagchi et al. (2005) também mostraram que a integração da cadeia de suprimentos afeta o desempenho operacional, como custo, eficiência, pontualidade na entrega e taxa de retorno. A relação de negócios da cadeia de suprimentos entre as empresas está crescendo, ou deveria estar crescendo, cada vez mais estreita por meio de contratos just-in-time, que são focados na filosofia Lean

## 2.4. AUTOMAÇÃO

Segundo Pessôa (2014), a automação pode ser definida como a realização de tarefas sem a intervenção humana com equipamentos e dispositivos que funcionam sozinhos e possuem a capacidade de realizar correções na ocorrência de desvio das condições definidas de operação”. Ou seja, a definição de automação segue sua terminologia da palavra *automatus* em latim, que significa mover-se por si (BENNETT, 2002).

A automação vai além da mecanização, pois enquanto a mecanização auxiliou o ser humano no decorrer dos séculos a realizar atividades que necessitam de habilidades físicas, a automação reduz a necessidade de envolvimento sensorial e mental humano, sendo um fator imprescindível para otimização da produtividade (RODRIGUES, 2016).

Pessôa (2014) explica que há variados motivos para tornar um processo automatizado de acordo com as necessidades do cliente:

- Quando a velocidade do processo é rápida demais para ser realizada de modo manual;

- Quando há situações claras de risco à presença humana, impossibilitando o acesso de pessoas para a realização do processo;
- Para tornar um processo menos variável (quando realizado de maneira manual, há variabilidade de pessoa para pessoa em como o processo é executado);
- Quando se deseja aumentar a produtividade, pois a velocidade de produção é aumentada;
- Quando se busca a redução do custo de operação e o aumento da eficiência operacional das instalações, porque a automação torna possível a medição das operações, já que o sistema é todo integrado;
- Para reduzir mão de obra na produção propriamente dita (mas ainda assim temos a necessidade de mão de obra especializada e com custo significativo para manutenção dos sistemas automatizados, ficando para análise de viabilidade quando comparando-se os custos).

Quando lidamos com o desenvolvimento de projetos de automação, podemos classificados em duas modalidades (MORAES; CASTRUCCI, 2006):

- Na primeira modalidade o usuário já sabe todas as ações que deseja que sejam automatizadas, ou seja, ele é capaz de definir o que deve ocorrer em cada circunstância;
- Na outra modalidade, o engenheiro de projeto é quem vai definir cada lógica envolvendo as ações, cabendo ao usuário apenas definir o resultado final.

Para iniciarmos o desenvolvimento de um sistema automatizado, definimos primeiro quais são suas características e qual é sua necessidade, para que seja possível analisar o que deve e o que pode ser automatizado. Também é importante a análise de requisitos necessários para sua implementação (PESSÔA, 2014).

#### **2.4.1. LGV**

Os veículos guiados automaticamente, como os AGVs e LGVs, são equipamentos de transporte, similares às empilhadeiras, que se deslocam automaticamente seguindo uma trajetória traçada ou programada de antemão. Para guiá-las, se recorre a dois possíveis sistemas: o autoguiado por fio ou laser guiado.

Como este trabalho é focado no LGV vamos nos limitar apenas a ele. As máquinas que o incorporam são conhecidas como veículos guiados a laser (LGV – Laser Guided Vehicle, em sua sigla em inglês). Esses elementos emitem um sinal de laser, que reflete nos defletores colocados em pontos próximos ao percurso e é lido de volta pela máquina. A diferença de tempo

entre a emissão do laser e a captura do feixe de reflexão é calculada mediante um processador montado na máquina, o que lhe permite saber a cada momento a distância em que se encontra dois pontos de controle e deduzir sua posição. Com essa informação, o veículo realiza, por si mesmo, as correções necessárias para seguir a trajetória especificada. Tecnicamente, programar e modificar as trajetórias é muito fácil.

Graças à sua confiabilidade, a navegação a laser é amplamente utilizada em empilhadeiras automáticas usadas em aplicações de armazenamento e estocagem onde é necessário ter uma tolerância de posicionamento precisa. Os Veículos Guiados a Laser (Veículos LGV) são rápidos, precisos e confiáveis. Essa tecnologia de navegação é tradicionalmente usada em empilhadeiras automatizadas que aumentam a eficiência dos armazéns em todo o mundo.



Figura 05 – Exemplo do LGV.  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

#### 2.4.1.1. COMO FUNCIONA UM LGV

Os veículos LGV são equipados com um sensor de navegação bidimensional (simplesmente chamado de dispositivo de navegação ou emissor de laser).

O Laser de navegação emite um feixe contínuo de luz laser modulada em um padrão de 360 graus. O feixe de laser interage com refletores (também chamados de "alvos") posicionados na área de trabalho do LGV. Dependendo do fabricante do dispositivo Laser, os LGVs calculam e corrigem seu posicionamento entre 30 e 40 vezes por segundo. Esses dispositivos são incrivelmente precisos. Uma vez que o laser "impacta" o refletor, o feixe é enviado de volta ao

laser de navegação que calcula o tempo de retorno do laser juntamente com as coordenadas radiais. Estes dados permitem calcular as coordenadas X, Y dos refletores e do AGV.

O centro dos refletores deve ser posicionado na mesma altura do Dispositivo de Navegação e a no máximo 100 pés (30 metros) de distância do LGV.

Existem dois tipos principais de projeto de refletor usados na navegação a laser, refletores planos e refletores cilíndricos.

Os refletores planos: são tiras simples e baratas de fita retro refletiva. Eles são facilmente montados com um lado adesivo de contato. Refletores planos oferecem grande precisão.

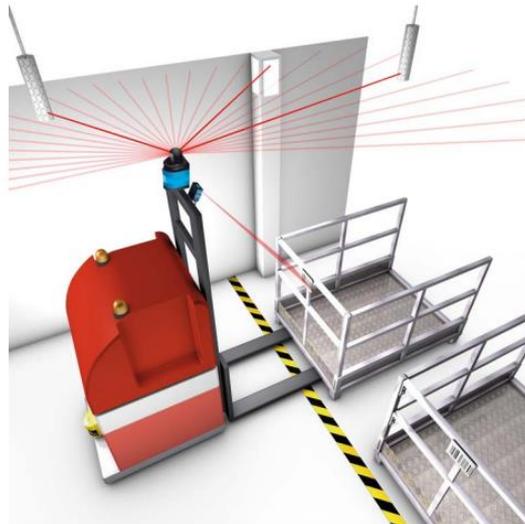


Figura 06 – Exemplo da leitura feita pelo scanner do LGV.

**Fonte:** <https://cdn.sick.com>

Refletores Cilíndricos: os refletores cilíndricos são mais difíceis de implantar porque é necessário calcular um ponto central fixo para o refletor. Eles são mais difíceis de consertar, mais vulneráveis e intrusivos nas instalações do usuário.



Figura 07 – Exemplo dos modelos dos refletores do LGV.

**Fonte:** <https://www.agvnetwork.com/what-is-a-laser-guided-vehicle-lgv#what>

O AGV deve receber o feedback vindo de pelo menos três refletores.

Primeiro, é necessário medir a posição do refletor. O LGV utilizará a posição do refletor como referência para sua navegação.

Os refletores são “vistos” pelo aparelho de navegação e suas informações de posição são ajustadas, giradas e editadas por um software específico, de forma que as informações do refletor sejam consistentes com o layout da oficina.

Em outras palavras, o LGV combina a posição “observada” do refletor com uma posição “teórica” em um desenho cad 2d.

Uma vez que o LGV tenha posicionado o refletor, o scanner a laser obtém sua distância de cada um dos três refletores, calculando a posição coordenada atual do scanner a laser pelo método de triangulação.

Este cálculo é feito por algoritmos complexos e deve levar em consideração outras variáveis como a velocidade do veículo etc.

Além disso, é obrigatório ter informações precisas e atualizadas continuamente sobre a posição e direção do veículo para minimizar erros de cálculo. Esses erros podem aumentar no futuro devido a vários fatores, como condições ambientais, desgaste dos codificadores, refletores danificados.

#### **2.4.1.2. NAV 350 – SENSOR DE NAVEGAÇÃO**

Um dos principais componentes, se não o principal em termos de funcionalidade do LGV, é o NAV 350, o leito a laser que fica no topo do LGV e que é responsável por emitir os feixes de luz e, através da programação, conseguir identificar o local exato onde o LGV se encontra.

O NAV350 possui um sistema de medição a laser optoeletrônico que eletro-sensivelmente varre o contorno de seus arredores em um plano com o auxílio de feixes de laser. O NAV350 mede seus arredores em coordenadas polares bidimensionais. Se um feixe de medição é incidente em um objeto, a posição é determinada na forma de distância, direção e remissão. Desde o tempo de propagação que a luz requer desde a emissão até a recepção da reflexão no sensor, o NAV350 calcula a distância até o objeto.

A digitalização ocorre em um setor de 360°. A cabeça do scanner gira a uma frequência de 8 Hz. Durante este processo, um pulso de laser e, portanto, uma medição de distância é acionada após um passo angular de 0,25°.

O NAV350 possui software de aplicativo integrado que é usado para detecção contínua de refletores. Por meio dos refletores a posição absoluta do NAV350, a posição relativa dos

refletores detectados ou uma combinação de ambos pode ser emitida para o computador do veículo conectado.

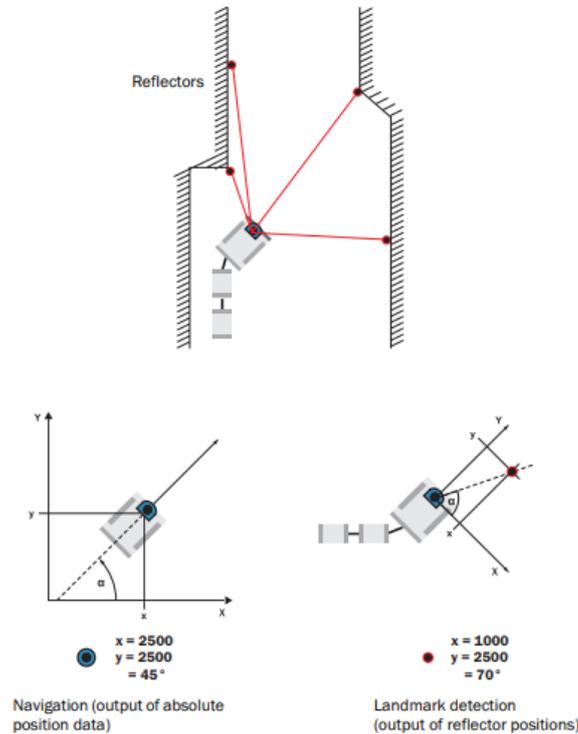


Figura 08 – Princípio de funcionamento do NAV 350

**Fonte:** [https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating\\_instructions\\_nav350\\_laser\\_positioning\\_sensor\\_en](https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating_instructions_nav350_laser_positioning_sensor_en)

A maioria das superfícies reflete o feixe de laser difusamente em todas as direções. O reflexo de o feixe de laser irá variar em função da estrutura e cor da superfície. Superfícies claras refletem o feixe de laser melhor do que superfícies escuras e podem ser detectados pelo NAV350 sobre distâncias maiores. Gesso branco brilhante reflete aprox. 100% da luz incidente, preto espuma de borracha aprox. 2,4%. Em superfícies muito rugosas, parte da energia é perdida devido ao sombreamento. O alcance de varredura do NAV350 será reduzido como resultado.

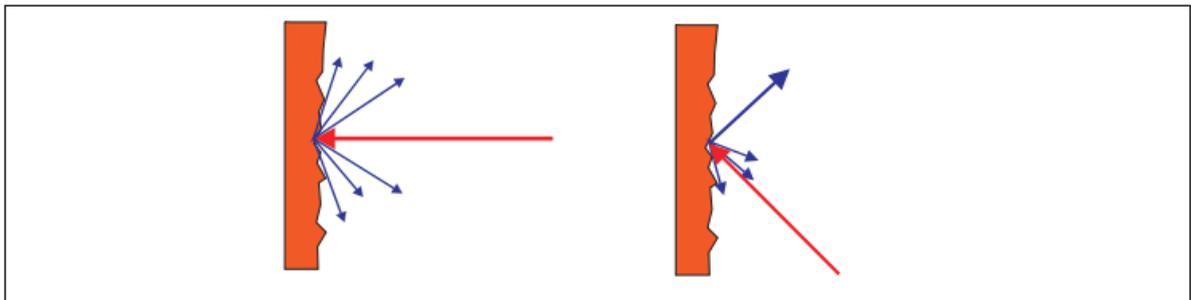


Figura 09 – Reflexão difusa de objetos

**Fonte:** [https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating\\_instructions\\_nav350\\_laser\\_positioning\\_sensor\\_en](https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating_instructions_nav350_laser_positioning_sensor_en)

O ângulo de reflexão é o mesmo que o ângulo de incidência. Se o feixe de laser incidir perpendicularmente em uma superfície, a energia é refletida de forma ideal (à esquerda). Se o feixe estiver incidente em um ângulo, ocorre uma perda de energia e alcance de varredura correspondente (à direita).

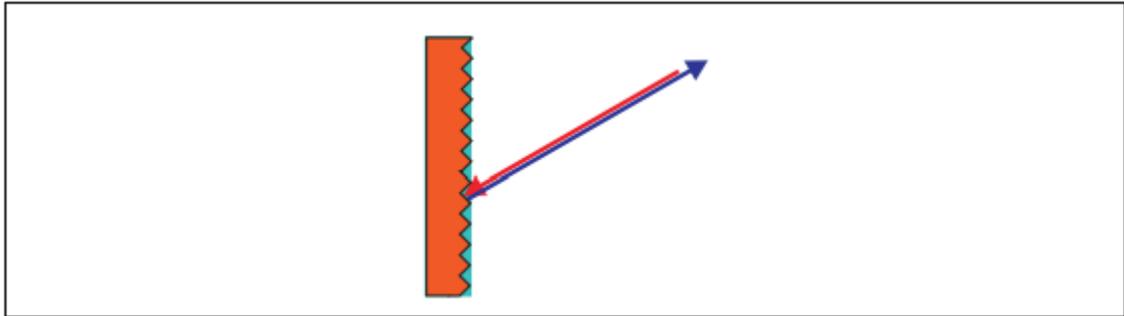


Figura 10 – Reflexão direcional dos refletores

Fonte: [https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating\\_instructions\\_nav350\\_laser\\_positioning\\_sensor\\_en](https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating_instructions_nav350_laser_positioning_sensor_en)

#### 2.4.1.3. ALCANCE DE VARREDURA DO NAV350

O alcance de varredura do NAV350 depende da remissão dos objetos a serem desprotegido. Quanto melhor uma superfície reflete a radiação incidente, maior o alcance de varredura do NAV350.

Material	Remission	Range
Black car paint, matt	5%	0.5 ... 24 m (1.64 ... 78.74 ft)
Black photographic cardboard, matt	10%	0.5 ... 35 m (1.64 ... 114.8 ft)
Grey concrete	18%	0.5 ... 45 m (1.64 ... 147.6 ft)
White cardboard	90%	0.5 ... 100 m (1.64 ... 328.1 ft)
White plaster	100%	0.5 ... 110 m (1.64 ... 360.9 ft)
Reflective tape	>300%	0.5 ... approx. 250 m (820.21 ft)

Tabela 06 – Remissões típicas e intervalos de varredura

Fonte: [https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating\\_instructions\\_nav350\\_laser\\_positioning\\_sensor\\_en](https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating_instructions_nav350_laser_positioning_sensor_en)

#### 2.4.1.4. DETECTAÇÃO DOS PONTOS DE REFERÊNCIA

No modo de operação LANDMARK DETECTION o NAV350 gera uma imagem do seu ambiente do refletor em uma revolução do cabeçote do scanner.

Os 40 refletores mais densos de até 250 refletores medidos são levados em consideração para posicionamento para limitar o tamanho de saída. Estes podem ser emitidos por meio de um telegrama.

O NAV350 calcula a posição exata dos próximos quatro a oito refletores de forma assimétrica arranjo. Os refletores são selecionados de forma adaptativa.

Este modo permite que o computador do veículo do LGV acesse diretamente em tempo real o ponto de referência coordenadas (refletores) medidas pelo NAV350. Os dados desse acesso direto podem ser avaliados pelo computador do veículo com o auxílio de algoritmos específicos para calcular o veículo posição. Isso pode ser realizado usando dados de outros sensores, por exemplo, codificadores.

#### 2.4.1.5. NAVEGAÇÃO

No modo de operação NAVEGAÇÃO, o NAV350 determina sua própria posição atual na rota durante o movimento do LGV. Essa ação é realizada com base em refletores posicionados em locais fixos no entorno. A detecção de três refletores é suficiente para determinar a posição.



Figura 11 – Determinação da posição pelo NAV350 por meio da detecção do refletor

**Fonte:** [https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating\\_instructions\\_nav350\\_laser\\_positioning\\_sensor\\_en](https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating_instructions_nav350_laser_positioning_sensor_en)

#### 2.4.1.6. POSICIONAMENTO INICIAL E CONTÍNUO

Após a transição de outro modo de operação (por exemplo, stand-by) para o modo de operação NAVEGAÇÃO, o NAV350 calcula e identifica as posições do refletor fazendo um padrão comparação entre os refletores medidos e as posições dos refletores salvas na camada atual. Os requisitos para um posicionamento inicial bem-sucedido são:

- O veículo não está em movimento.
- Existem pelo menos três refletores no campo de visão do NAV350.

Dependendo do número de refletores medidos e do número de refletores na corrente camada, o posicionamento inicial pode levar vários segundos.

Se a última posição ainda for conhecida, usando o telegrama de software SMN NPOSETPOSE o computador de bordo pode ativar diretamente o posicionamento contínuo a partir de uma posição definida e nesta maneira restaurar o contato para a camada.

Após o posicionamento inicial bem-sucedido, o NAV350 muda automaticamente para o status operacional de posicionamento contínuo. Aqui, a comparação de padrões computacionalmente intensivos do posicionamento inicial não é necessária. O NAV350 pode fornecer novos dados de posição com repetição taxa de aproximadamente 8Hz.

Durante o posicionamento contínuo o NAV350 tem uma expectativa quanto à posição aproximada dos refletores. Para isso o NAV350 coloca uma janela de detecção com um raio configurável  $r$  (configuração de fábrica 300 mm (11,81 pol) em torno de cada coordenada do refletor.

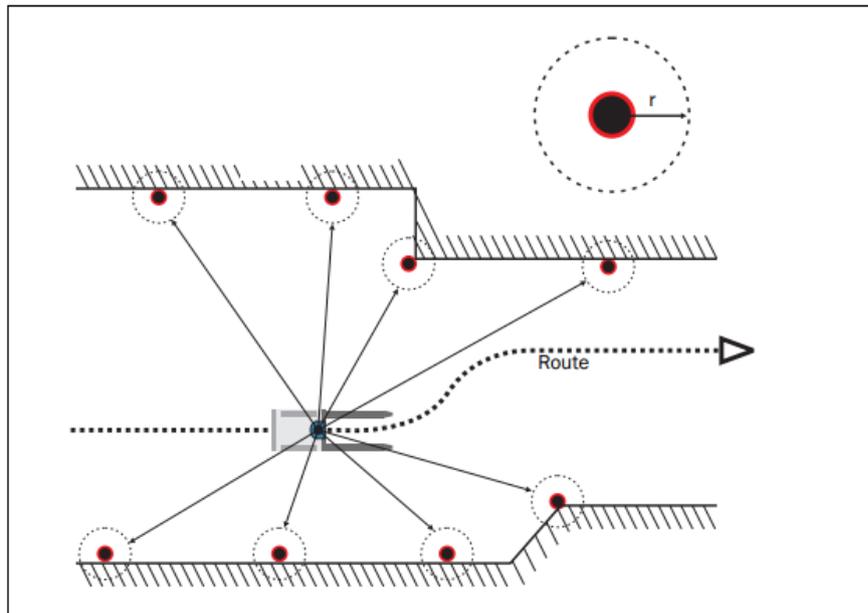


Figura 12 – Identificação de refletores no estado operacional “posicionamento contínuo”

**Fonte:** [https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating\\_instructions\\_nav350\\_laser\\_positioning\\_sensor\\_en](https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating_instructions_nav350_laser_positioning_sensor_en)

Os refletores são medidos dentro da janela de identificação. Os refletores relevantes são usados para calcular a posição por meio da seleção adaptativa. Ao configurar uma detecção maior janelas, o NAV350 pode ser otimizado, por exemplo, para mudanças de velocidade LGV muito dinâmicas, reduzindo o tamanho das janelas para condições extremas devido a erros de reflexão.

### 2.4.2. IHC

A comunicação é uma das muitas necessidades do ser humano, pois desde a época das cavernas ele demonstra o anseio por expressar o que passa dentro de si e no meio em que vive, tudo isso através de pinturas nas paredes das cavernas, rabiscos e formas geométricas. A necessidade de estar em sociedade e de comunicar caminham juntas dentro do ser humano e ele, desde sempre, buscou formas para que isso acontecesse.

A necessidade de comunicação acompanhou a evolução e aprimorou a forma com que o ser humano comunica e interage em seu meio e, muito mais do que isso, essa evolução fez com que ele conseguisse comunicar-se com quem quer que seja. Essa interação vem sendo aprimorada todos os dias e tem mudado a vida de todos nós, indireta e diretamente.

Esse anseio por interação/comunicação deu ao ser humano a capacidade de criar dispositivos (celulares, computadores, notebooks etc.) que são hoje como parte do seu corpo, ou seja, é quase impossível viver sem, dando origem ao termo IHC (Interação humano-computador). O IHC é o estudo da interação entre pessoas e computadores.

A IHC é definida como atributo de qualidade e está relacionada à facilidade de uso de algo, da rapidez com que os clientes podem usar alguma coisa, da sua eficiência ao usá-la, bem como o quanto lembram os clientes do que obtiveram, do grau de propensão a erros ao usá-la e do quanto gostam de utilizá-la (NIELSEN; LORANGER, 2007), favorecendo o processo de relacionamento mercadológico das organizações com os usuários (BURNETT; MARIANTY, 1998; GORDON, 1998).

Na visão de Carroll (2013), ele salienta que a IHC envolve compreender, além das práticas humanas contemporâneas, as suas aspirações e forma com que determinadas atividades são elaboradas e incorporadas na vida das pessoas, muitas vezes, limitadas em termos de infraestrutura e ferramentas atuais. Compreender as práticas e as atividades envolvem requisitos, aliando possibilidades de se prever designs à concepção de novas tecnologias, ferramentas e ambientes. Trata-se da exploração de espaços de designs e desenvolvimento de novos sistemas e dispositivos da coevolução de atividades e artefatos: um ciclo denominado tarefa-artefato.



Figura 13 – Assuntos bases que constituem a IHC.

Fonte: <https://aelaschool.com/designdeinteracao/interacao-humano-computador-tudo-que-voce-precisa-saber/>

### 3. METODOLOGIA

Esta seção apresentará a metodologia do trabalho, a partir das características do problema, ferramentas de apoio e o delineamento da pesquisa para a proposta de estruturação de um protótipo do projeto em estudo. A metodologia dessa dissertação utilizará uma sequência capaz de explicar, primeiramente, os conceitos necessários para elaboração de um projeto.

Após a devida fundamentação teórica e explicação de conceitos necessários para o entendimento dessa dissertação, será elaborado o projeto de automação para coleta de material acabado na manufatura com auxílio de um LGV.

#### 3.1. TÉCNICA

Segundo Lakatos e Marconi (2003), técnica é um conjunto de preceitos ou processos de que se serve uma ciência ou arte. Assim toda ciência utiliza diversas técnicas para obtenção de conclusões e propósitos.

Primeiramente utilizamos a pesquisa de fontes bibliográficas que tem como objetivo reunir a base e os principais aspectos do processo, assim como os conceitos fundamentais, que foram encontrados baseados trabalhos acadêmicos, artigos, livros, etc. Após elaborarmos uma base bibliográfica, a etapa onde ocorre a implementação do processo foi analisada de forma correta e inteligente, visando sempre alcançar os objetivos.

### **3.2. PROCEDIMENTOS**

Conforme Prodanov e Freitas (2013), os métodos de procedimento, também chamados de específicos ou discretos, estão relacionados com os procedimentos técnicos a serem seguidos pelo pesquisador dentro de determinada área de conhecimento. O método escolhido determinará os procedimentos a serem utilizados, tanto na coleta de dados e informações quanto na análise. Portanto, alguns aspectos foram levados em consideração:

- Mapeamento do processo antigo com auxílio de ferramentas;
- Tomada de tempo do processo antigo;
- Possíveis falhas e problemas do processo antigo;
- Mapeamento do novo processo;
- Como interagir com a IHC do LGV;
- Como gravar as rotas no LGV;
- Tomada de tempo do novo processo;
- Comparação do processo anterior com o atual

## **4. DESENVOLVIMENTO**

### **4.1. FERRAMENTAS**

Para identificarmos a causa raiz do problema tivemos que fazer uso de ferramentas que nos auxiliaram no mapeamento, análise, identificação das falhas e soluções.

### **4.2. SIX SIGMA**

#### **4.2.1. CROSS-FUNCTIONAL PROCESS MAP**

O Cross-Functional Process Map traz clareza aos processos, definindo quem faz cada etapa. Cada raia é representativa de uma pessoa, equipe ou parte interessada, tornando evidente quem é responsável por qual etapa do processo para ajudar a evitar confusão.

Em nosso processo temos 3 partes interessadas: Colaborador, a área do Inbound e a área da Manufatura.

O Cross-Functional Process Map foi desenvolvido utilizando o software Excel.

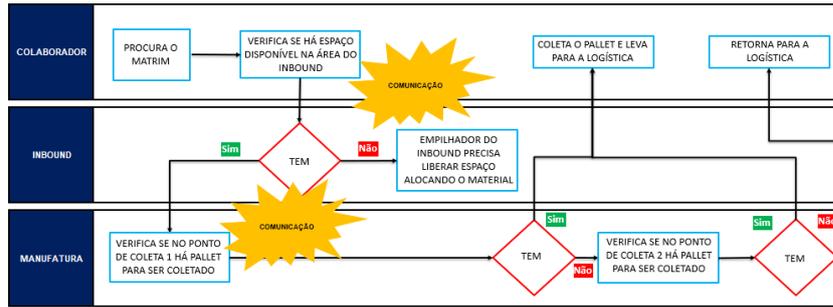


Figura 14 – Cross-Functional Process Map  
**Fonte:** Autoria Própria (2022)

#### 4.2.2. BRAINSTORMING

Após a conclusão do Cross-Functional utilizamos da técnica de Brainstorming com o time do processo de coleta de material acabado com o objetivo de entender suas dores, ouvir suas ideias e opiniões em relação ao processo de automatização.

O engajamento de todos foi de extrema importância, pois além de termos o apoio da equipe em relação a automatização do processo, conseguimos explicar o que a automação iria trazer para o processo, principalmente em relação aos ganhos, pois quando falamos de automação, creio que a primeira coisa que uma pessoa pode pensar é que será substituída por uma máquina, e conseqüentemente ficará sem o seu emprego, e esse é um ponto essencial para abordarmos com os colaboradores, para que eles não pensem que perderão seus empregos, pelo contrário, estamos automatizando para ajudá-los no seu dia a dia, seja em relação ao processo, a parte ergonômica ou em relação a redução de custo no longo prazo.

#### 4.3. MAPEAMENTO DO PROCESSO ANTIGO

Primeiramente fizemos uma análise e o mapeamento do processo. O cenário que analisamos neste trabalho é o Centro de Distribuição juntamente com uma parte da manufatura de uma empresa do polo industrial de Manaus, conforme a Figura 15.

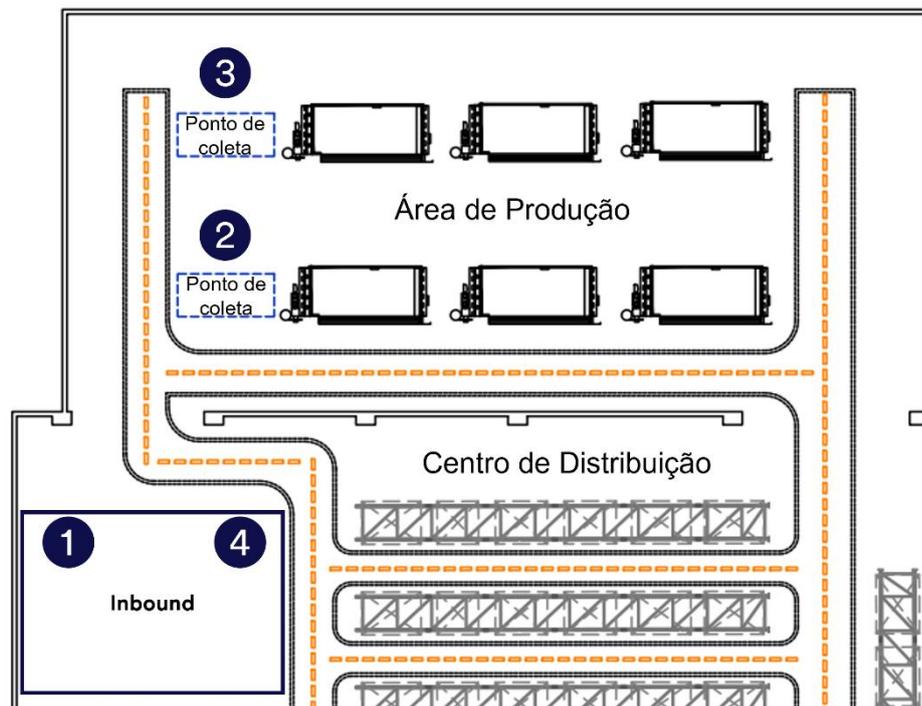


Figura 15 – Planta das áreas do processo

Fonte: Autoria Própria (2022)

O fluxo do processo se dá de maneira bem simples:

- I. O colaborador sai da área do Inbound (1), que está localizado no CD, e vai até o ponto de coleta (2);
- II. Chegando no Ponto de coleta (2) ele verifica se tem o pallet, caso tenha, com o auxílio de um matrim, ele traz o pallet com material acabado para o CD (4);
- III. Caso não tenha ele vai até o outro ponto de coleta (3) para verificar se tem pallet disponível, e independente de ter ou não, ele retorna para o CD com ou sem o pallet;

#### 4.3.1. MATRIM

Ideal para movimentação de cargas em depósitos, com controle de níveis de posição que permitem atingir altura variadas para acomodação das cargas. Possui 3 posições para controle de nível, com ângulo de movimentação de 190° a 210° e válvula de proteção contra sobrecarga.



Figura 16 – Matrim

Fonte: <https://www.alccom.com.br/produto/399373/transpallet-mtp-30-ton-x-685-menegotti-matrim>

#### 4.3.2. DISTÂNCIA PERCORRIDA

PONTO DE PARTIDA	PONTO DE CHEGADA	DISTÂNCIA (m)
INBOUND	PONTO 2	30
INBOUND	PONTO 3	50

Tabela 07 – Distância Percorrida pelo colaborador no processo de coleta

Fonte: Autoria Própria (2022)

Ao analisarmos o processo de coleta, um dos pontos mais críticos é sabermos a distância percorrida pelo colaborador. Ao mapearmos o processo, identificamos que para uma coleta no ponto 2 o colaborador percorre 60m, e para uma coleta no ponto 3 o colaborador percorre uma distância de 100m.

Usando apenas o ponto 2 e o ponto 3 de coleta, se formos analisar em relação a quantidade de 120 pallets/dia, e usando um valor médio entre as distâncias de 80m, temos que o colaborador percorre cerca de 9,6 km somente para coletar os pallets.

#### 4.3.3. TEMPO DO PROCESSO

Como o tema do trabalho é voltado para automatização do processo de coleta de material acabado, temos que cronometrar o tempo em que o colaborador leva para fazer essa função:

DIA	t (s) / pallet	t med. (s) / pallet	t (h) / pallet	OBSERVAÇÕES
1	171	179,00	0,050	Colaborador gasta cerca de 75s a mais durante o processo por conta de paradas, conversas, distração, etc.
2	154			
3	206			
4	312			
5	176	<b>Qtd. de pallet p/ 7h de trab. - DIRETO</b>		
6	130	140,78		
7	169			
8	122			
9	157			
10	193			

Tabela 08 – Tempo do processo de coleta de material acabado

Fonte: Autoria Própria (2022)

Para cada dia registrado foram cronometrados 10 tempos, e no final tirou-se a média para compor o tempo médio de cada dia. No total foram feitas 100 aferições do processo de coleta feito pelo colaborador.

Vale ressaltar que temos uma observação em relação ao tempo gasto pelo colaborador dentro do processo, tempo este que não incluímos na Tabela 08. Se incluíssemos o valor do tempo médio por pallet iria aumentar, e consequentemente a quantidade de pallet iria diminuir. Para compararmos, segue abaixo a Tabela 09.

DIA	t (s) / pallet	t (s) extra / pallet	t(s) total / pallet	t med. (s) / pallet	t (h) / pallet
1	171	75	246	254,00	0,071
2	154	75	229		
3	206	75	281		
4	312	75	387		
5	176	75	251	<b>Qtd. de pallet p/ 7h de trab. - DIRETO</b>	
6	130	75	205	99,21	
7	169	75	244		
8	122	75	197		
9	157	75	232		
10	193	75	268		

Tabela 09 – Tempo do processo de coleta de material acabado com tempo extra

Fonte: Autoria Própria (2022)

Ao compararmos as duas tabelas e seus resultados, por conta do tempo extra gasto temos uma redução da capacidade coleta de aproximadamente 29%, um valor extremamente significativo, principalmente por afetar outros processos de maneira indireta, que tem conexão

com o processo do Inbound. E o mais importante: essa quantidade de pallets seria para cada 7h de trabalho contínuo, ou seja, estamos levando em consideração apenas um turno, sendo que a quantidade por dia é cerca de 120 pallets, ou seja, o que daríamos para fazer em apenas um turno é feito em três turnos, e na maioria das vezes há falha.

#### **4.3.4. PRINCIPAIS FALHAS E PROBLEMAS DO PROCESSO**

Após o mapeamento e análise do processo fica nítido que há falhas, e conseqüentemente problemas a serem resolvidos por conta das falhas. E são eles:

I. Distância percorrida:

Um dos pontos mais importantes a serem resolvidos é a distância percorrida, tendo em vista que a função requer um esforço a mais por parte do colaborador em relação a sua locomoção. Mesmo que seja utilizado o matrim, o que facilita na elevação e transporte da carga, o colaborador tem que andar uma distância considerável durante o exercício da função.

II. Uso do Matrim:

Outro ponto importante é o próprio matrim. Há um matrim para cada processo, desde que seja necessário o uso dele, contudo, o que observamos é que diversas vezes o matrim para o processo de coleta está sendo usado em outro processo, o qual também tem um matrim específico, mas que em algumas ocasiões este matrim não é o suficiente para concluir a operação, e por isso os colaboradores pegam o matrim “emprestado” para finalizar uma operação de maneira mais rápida, o que acaba gerando atraso no processo de coleta.

III. Manutenção do Matrim

Ainda em relação ao matrim, a manutenção é um ponto que se destaca, pois observamos que não é feita uma manutenção preventiva e nem mesmo uma preditiva, o que ajudaria na prevenção de paradas na operação, falhas do equipamento e redução de custo, pois se há uma observação do estado do equipamento antes da falha ocorrer você consegue obviamente se antecipar ao erro e evitar diversos atritos.

#### IV. Tempo extra:

O tempo extra é um ponto de extrema importância. Obviamente o ser humano não é uma máquina para trabalhar sem parar, contudo, observamos diversas vezes que esse tempo extra está relacionado a dois fatores: conversas paralelas e verificação da papeleta que diz se o pallet está liberado ou não. Apesar de ter um “alinhamento” entre Manufatura e Logística, diversas vezes o pallet está no local de coleta, contudo, não está liberado para coleta. O que gera atraso, pois não é função do colaborador da Logística verificar. Por mais que seja algo simples, a função do colaborador do CD é simplesmente coletar o pallet. Entretanto, como diversas vezes o pallet não está liberado, pediu-se para o colaborador, que faz o processo de coletar, verificar se há ou não a papeleta de liberação, gerando então um tempo extra, pois nem sempre a papeleta está visível, ou nem sequer está no pallet.

#### V. Trabalho extra e Retrabalho

O ponto III, o qual falamos sobre o tempo extra, tem relação com o ponto IV em virtude da papeleta. Apesar de o colaborador do CD não ter que verificar se há ou não papeleta, mas estar alinhado para verificar, algumas vezes, mesmo não contendo a papeleta, o colaborador coleta o pallet pois há liberação verbal por parte da equipe da Manufatura. Chegando ao CD para registrar a coleta, verifica-se que o pallet ainda não está liberado para coleta, o que acaba gerando um trabalho extra, pois o colaborador do CD tem que voltar com o pallet para a Manufatura, e depois buscá-lo novamente após estar liberado corretamente.

### 4.4. NOVO PROCESSO DE COLETA

O nome processo de coleta consiste na automação de todo o processo. De maneira simples, o objetivo é tirar o fator humano do processo de coleta e realocar em outro processo, de preferência um processo que tenha conexão com o processo de coleta, fazendo assim uma redução de tempo e aumento da eficiência em mais de um processo.

O novo processo contará com um LGV (Laser Guided Vehicle) que irá fazer a coleta do material acabado de forma automática, e deverá ter uma velocidade compatível a norma VDI 2510 que é de 1 m/s (3,6 km/h), ou no máximo de 1,39 m /s (5 km/h). O LGV é capaz de detectar possíveis obstáculos que possam surgir a sua frente quando estiver em movimento e parar sem colidir contra os mesmos.

Para se fazer darmos início ao processo de automação, a primeira coisa feita foi um alinhamento com o time de manufatura, pois precisamos definir alguns pontos. São eles:

- Definir local de partida do LGV e o local de entrega do pallet na logística;
- Posição das estruturas para apoio dos refletores, tanto na logística como na manufatura;
- Definir os pontos de coleta de modo que não existam fatores internos para atrapalhar o processo do LGV, ou pelo menos sejam reduzidos ao máximo possível;
- Alinhar com o time de manufatura o contínuo abastecimento das áreas de coletas de pallets disponíveis para coleta;
- Alinhar com ambos os times, logística e manufatura, em relação ao fator humano ser um problema durante o trabalho do LGV, pois o LGV emite um alerta e para imediatamente quando qualquer pessoa se aproxima (questões de segurança);
- Verificar se o piso para o trajeto do LGV está correto e sem buracos;

#### **4.4.1. MAPEAMENTO DO NOVO PROCESSO**

Após a definirmos os principais pontos, iniciou-se a estruturação do novo processo. Conforme a Figura 17, se compararmos com a Figura 15, observamos que agora temos os pontos verdes que representam as posições das estruturas e seus respectivos refletores por onde o LGV irá se guiar a partir do mapeamento através do NAV 350.

Ainda comparando as duas figuras, observamos também que temos um espaço específico para a Partida do LGV e Entrega do LGV dentro do centro de distribuição. Os pontos de coletas permaneceram os mesmos na área da produção, o que foi muito positivo, pois não tivemos uma possível mudança na futura rota do LGV.

Um dos pontos cruciais para o processo de automação ter sucesso é o contínuo abastecimento das áreas de coleta somente com pallets disponíveis para coleta. No processo anterior identificamos que diversas vezes o colaborador, que era responsável por coletar o pallet, ia coletar, contudo, não encontrava nada na área de coleta, ou então havia pallets nos pontos, mas não estavam disponíveis, o que gerava retrabalho, pois o pallet estar ou não disponível é responsabilidade da área de manufatura. Obviamente o colaborador da coleta poderia verificar, mas acabaríamos tendo um pequeno ‘desvio de função’, e é algo que realmente respeitamos e queremos que não aconteça dentro da empresa. Por isso, foram feitas diversas rodas de

conversas (brainstormings) com todos os envolvidos, tanto do time da logística como também do time da manufatura, pois essa sinergia entre as áreas é de suma importância para o projeto.

Após todas as definições, montou-se então as possíveis rotas do LGV as quais chamamos de rota 1 e rota 2 conforme as Figuras 18 e 19 abaixo.

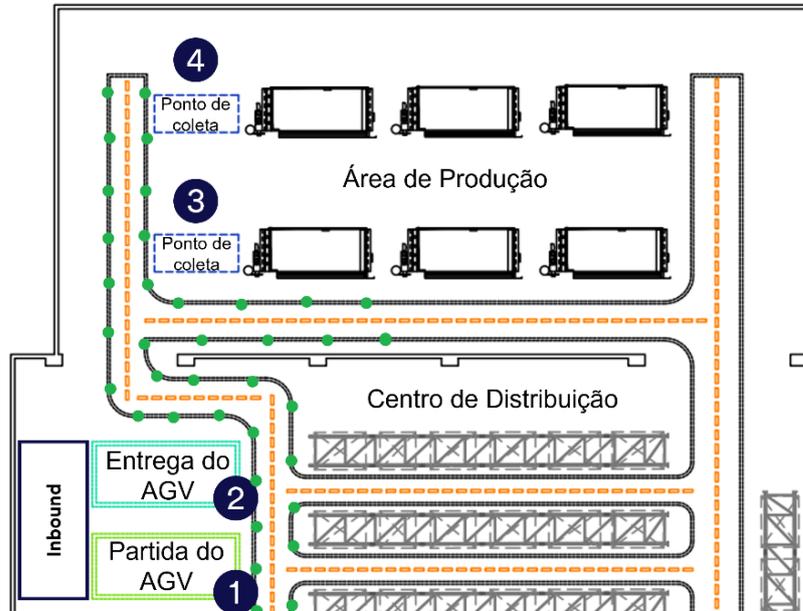


Figura 17 – Planta das áreas do processo após automatização  
**Fonte:** Autoria própria (2022)

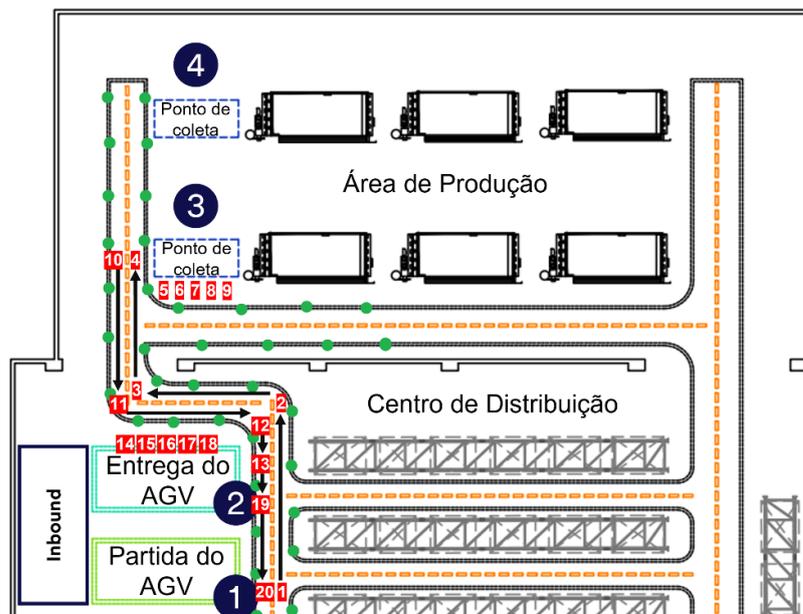


Figura 18 – Planta das áreas do processo após automatização com a Rota 1  
**Fonte:** Autoria própria (2022)

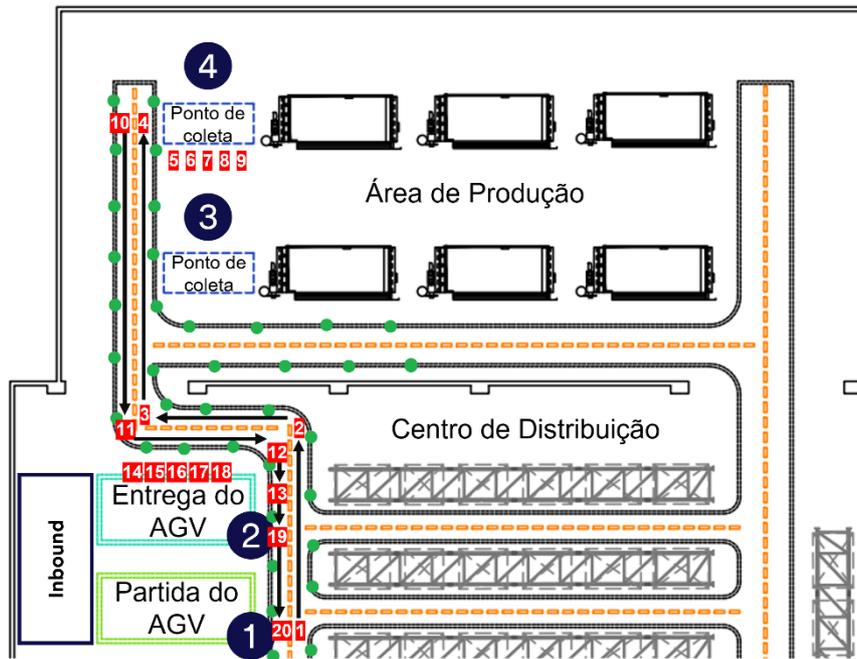


Figura 19 – Planta das áreas do processo após automatização com a Rota 2  
**Fonte:** Autoria própria (2022)

#### 4.4.2. ENTENDENDO O IHC

Após termos feito todo o mapeamento e estruturação do processo, precisamos gravar as rotas no LGV. Contudo, para gravarmos devemos aprender um pouco sobre sua IHC para não cometermos erros, pois o LGV é um equipamento de alto investimento, então qualquer erro no processo de gravação de rotas iria gerar um custo enorme. Esse custo se deve por conta de que é necessário que o Engenheiro da empresa parceira venha auxiliar na gravação de rotas. Contudo, este custo a princípio foi deixado de lado, pois o time de Engenharia da empresa propôs que gravássemos a rota seguindo o manual. Não há nada de errado em gravarmos seguindo o manual, entretanto, é muito mais trabalhoso e requer um nível de atenção extremamente alto.

Portanto, para se gravar uma rota, desde a etapa inicial até a final, é preciso fazer isso direto na IHC do LGV. Antes mesmo de começar a gravar, precisamos identificar na IHC a tela correta, e por isso, precisamos entender como é sua navegação e operação.

Para se gravar uma rota deve-se primeira visualizar a tela inicial da IHC:

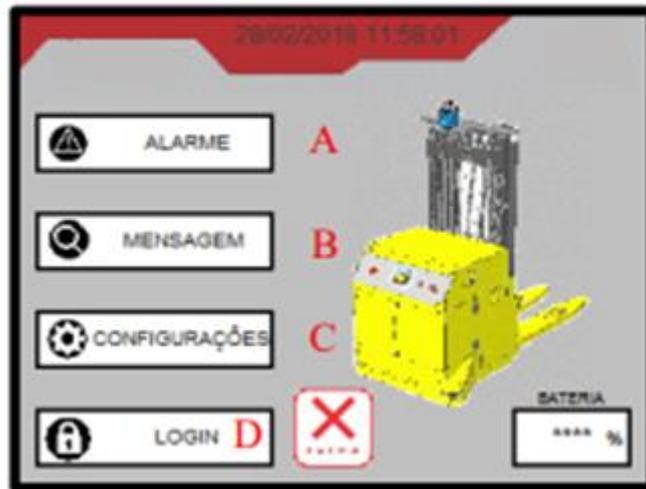


Figura 20 – Tela Inicial do IHC do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

A tela de alarmes, Figura 21, é responsável por exibir mensagens de alarmes que estão presentes no LGV. Esta tela não tem caráter histórico, apenas momentâneo, ou seja, após a solução do problema, as mensagens serão apagadas.

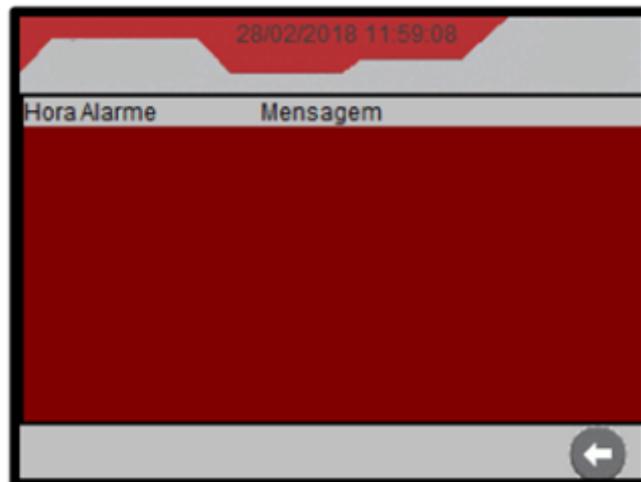


Figura 21 – Tela de Alarme do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

A tela de mensagens, Figura 22, responsável por exibir mensagens informativas do LGV. Esta tela não tem caráter histórico, apenas momentâneo, ou seja, após mudança de estado do evento, as mensagens serão apagadas.

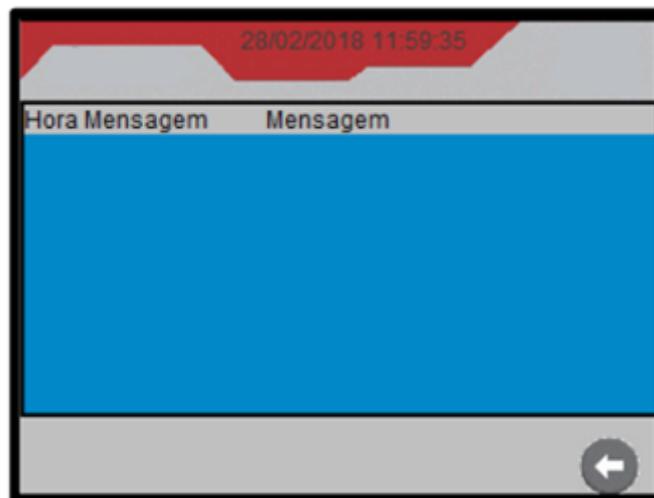


Figura 22 – Tela de Mensagem do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

A tela de configurações, Figura 23, se difere em relação as outras telas, pois esta tela tem característica de um submenu para outras funções.

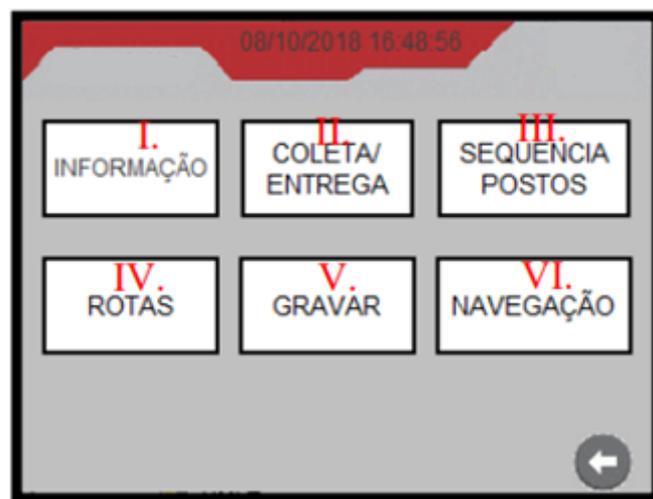


Figura 23 – Tela de Configurações do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

Nesta tela temos as seguintes opções:

- I. **Informação:** A tela de informações, Figura 24, tem caráter expositivo. Tem como base auxiliar na gravação da rota, exibindo em tempo real as coordenadas geográficas do sick e do próximo ponto.

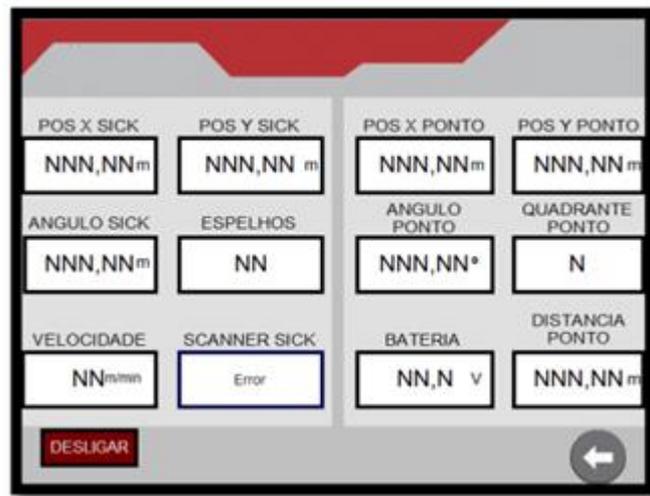


Figura 24 – Tela de Informação do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

II. **Coleta/Entrega:** Na tela coleta/entrega, Figura 25, é possível visualizar o ponto de coleta/ entrega de material do LGV, também exibe o horímetro de tempo total em movimento:

- Clique para habilitar a navegação.
- Confira se ponto start está em zero, ou zere o.
- Pressione Start.
- Exibição de horímetro.
- Exibição de quantidade de pontos na rota.
- Possibilidade de habilitar repetição de ciclo.



Figura 25 – Tela de Coleta/Entrega do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

III. **Sequência Postos:** Na tela de Sequência de Postos, é possível sequenciar até 5 trabalhos para serem executados de forma automática, sem a necessidade de liberação por parte do operador.

Esta tela trabalha em conjunto com a tela de coleta/ entrega, deve-se sempre deixar ciclo único, em cada linha inserir apenas uma coleta ou uma entrega, deixando sempre um dos campos com o valor em zero.

O campo 'ATUAL' exibe a linha que está sendo executada, sempre que executa os 5 trabalhos ou encontra uma linha com os dois campos em zero, volta para a linha 1 e aguarda nova liberação de trabalho através do botão 'START'.

Para utilizar a repetição de ciclo, preencher apenas a linha 1 com o trabalho a ser repetido, e o restante dos campos devem permanecer com o valor zero.

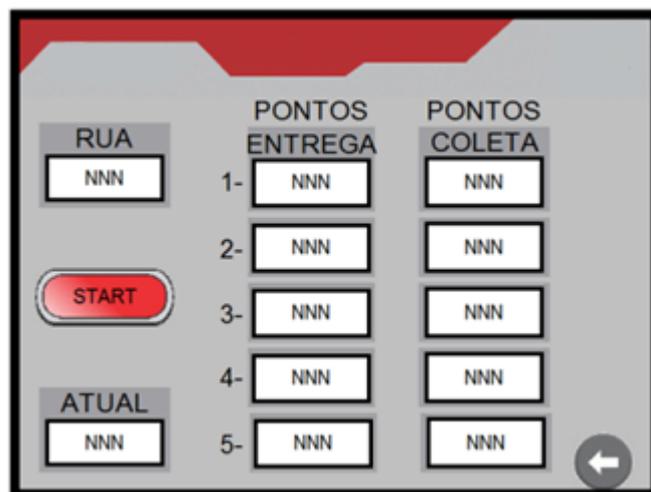


Figura 26 – Tela de Sequência/Postos do LGV

Fonte: Manual do LGV cedido pela empresa.

IV. **Rotas:** A tela de rota, existe para auxiliar a edição dos pontos gravados no mapeamento de rota, podendo alterar a velocidade do LGV por exemplo, com o botão ponto, é possível utilizar a coordenada atual para gravar no ponto a ser alterado.

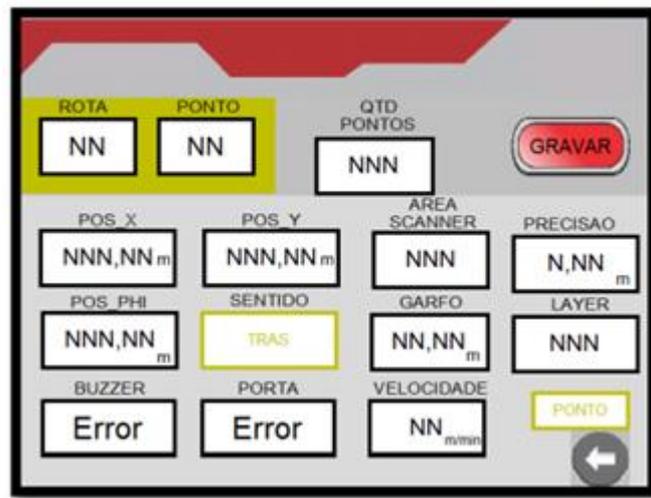


Figura 27 – Tela de Rotas do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

V. **Gravar:** A tela gravar, Figura 28, tem a finalidade de auxiliar a gravação da rota, sendo aqui definidos os pontos de passagem do LGV:

- Habilite a opção GRAVAR PONTOS.
- Inicie a navegação em modo manual com o LGV.
- Insira os parâmetros do ponto a ser gravado.
- Sempre que for necessário gravar um ponto, clique gravar.
- Para gravar pega ou depósito de pallet, usar Gravar PD/ PE.
- Ao final, desabilite a opção GRAVAR PONTOS.

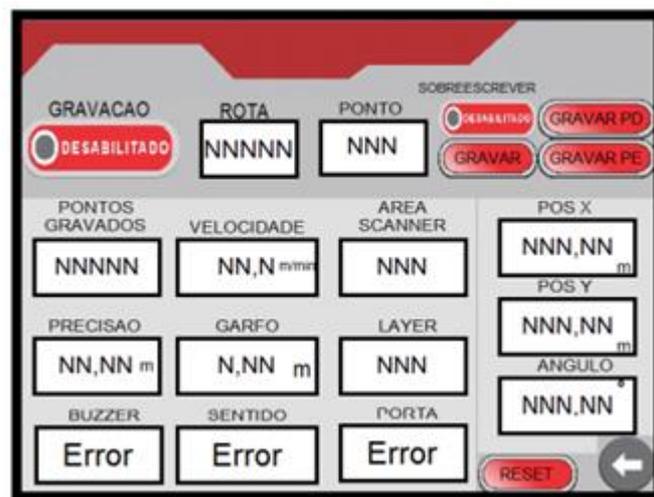


Figura 28 – Tela de Gravar do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

- VI. **Navegação:** A tela navegação, Figura 29, tem a finalidade de auxiliar a navegação em uma rota. Nos itens pode-se definir ponto de start, a velocidade de deslocamento em manual e também definir se o percurso será realizado em CICLO ÚNICO ou REPETIDO.

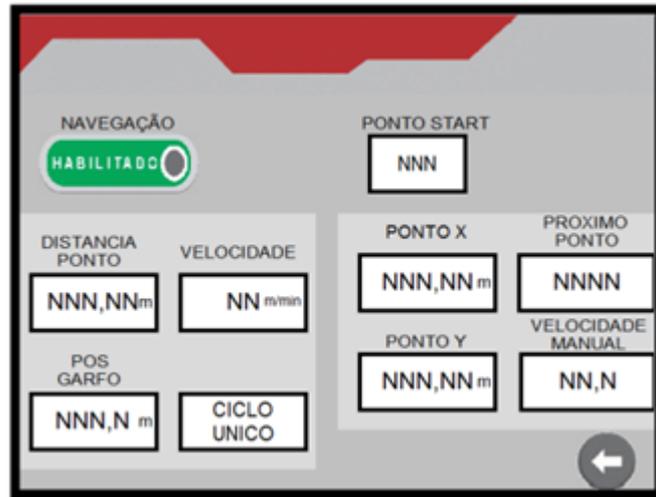


Figura 29 – Tela de Navegação do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

#### 4.4.3. FUNCIONAMENTO

Conhecendo agora um pouco sobre a IHC do LGV, devemos entender o seu princípio de funcionamento e respectivamente como funciona a gravação dos pontos.

O modelo do LGV (Laser Guided Vehicle) possui um sistema de navegação chamado de Sensor Laser NAV 350 Sick, que usa espelhos para guiar-se. A partir de uma Origem, que deve ser gravada, ele retorna sua posição atual. O NAV 350 precisa sempre de pelo menos 3 espelhos para guiar-se.

Os pontos devem ser gravados em linha reta. O LGV não possui uma função de voltar, então os pontos para retorno devem ser gravados na rota desde o início. O LGV nunca retorna a um determinado ponto sozinho; para que ele vá para algum lugar no final do percurso, esses pontos devem estar novamente incluídos na rota.

#### 4.4.4. GRAVAÇÃO DE PONTOS

Para gravar os pontos, o LGV deve ser posicionado em Modo Manual até o ponto desejado. Através da IHM deve-se então gravar o ponto.

#### 4.4.5.ROTA INICIAL

A Figura 30 será nossa rota de exemplo. Como o LGV só anda em linha reta, para chegar até o Ponto de Coleta 1 (PC1), marcar em uma Rota o Ponto 1 e depois o Ponto 5 (Figura 31) seria ERRADO, pois o LGV tentaria ir em diagonal diretamente até o Ponto 5. Para a correta gravação, devem ser gravados os Pontos 1, 2, 3, 4 e 5 em sequência para chegar até o PC1, conforme Figura 32.

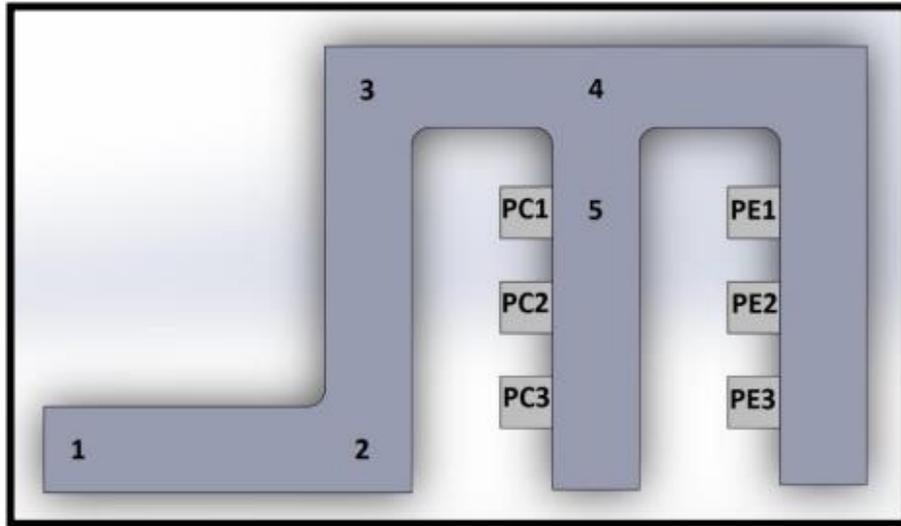


Figura 30 – Exemplo de Rota Inicial do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

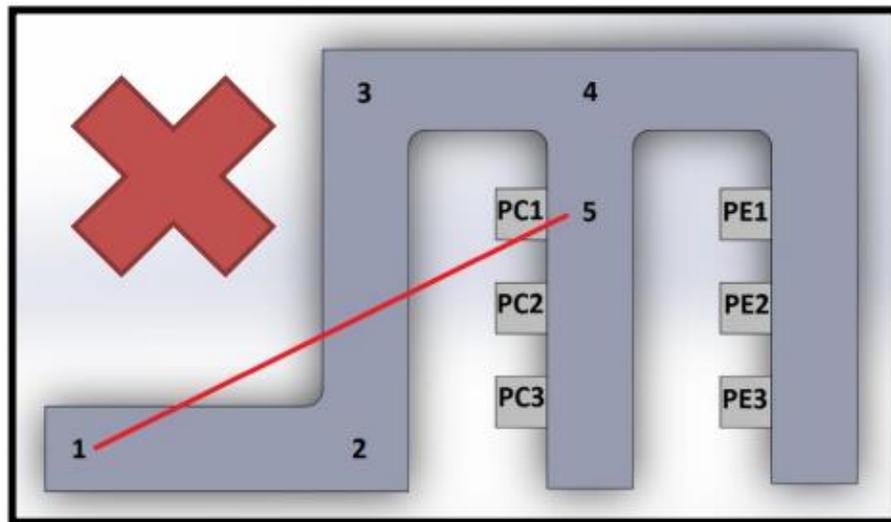


Figura 31 – Exemplo de como não se deve fazer a rota do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

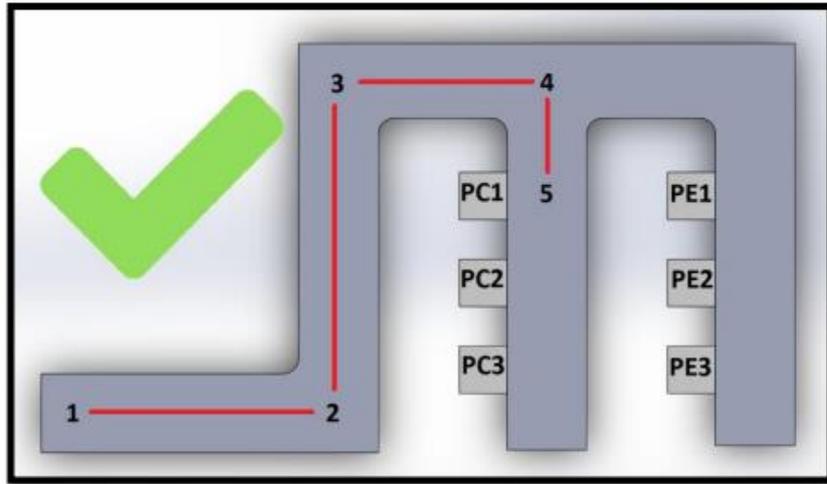


Figura 32 – Exemplo de como se deve fazer a rota do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

Vamos assumir nosso Ponto 1 como nossa Origem (que deve ser gravada). Se a rota então tivesse as distâncias (em metros) da Figura 33, a marcação de Pontos ficaria como a Tabela 10 logo abaixo:

Ponto	Distância (m)		
	x	y	z
1	0	0	0,2
2	700	0	0,2
3	700	500	0,2
4	1100	500	0,2
5	1100	375	0,2

Tabela 10 – Exemplo da Rota Inicial do LGV  
**Fonte:** Autoria Própria (2022)

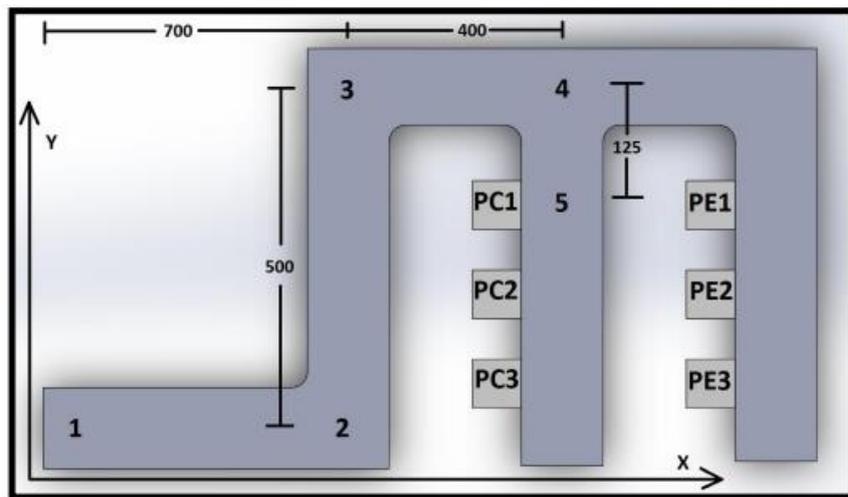


Figura 33 – Exemplo da Rota Inicial e suas dimensões para gravar a rota do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

É importante notar que o valor da direção em Z, que é altura, não é zero, pois o Garfo do LGV está a certa distância do chão.

#### 4.4.6. PONTOS DE COLETA

Para coletar/entregar, o LGV se posiciona de ré até o ponto desejado. Para fazer a coleta, é necessário marcar um ponto com a lateral da proteção do scanner a 200mm da face do palet e a frente a 880mm da lateral, conforme Figura 29. Esse é o ponto que o LGV se prepara para coletar a carga, sempre observar o ponto de referência a respeitar, conforme o lado da manobra.

O próximo ponto será a altura do garfo necessária para encaixar no Pallet. Deve-se então andar manualmente até a posição necessária para o LGV encaixar no Pallet, conforme Figura 30.

Como o LGV não retorna sozinho a algum lugar, deve-se marcar na Rota os Pontos que o LGV deve passar para retornar. Ou seja, a rota completa é composta pela ida e pela volta.

Resumidamente, os pontos que devem ser marcados para a coleta são: Ponto de Aproximação (Figura 34) → Ponto de Garfo (Figura 35) → Ponto de Aproximação (Figura 34), os pontos de manobra de pega de pallet são padrões e feitos de forma automática ao acionar o comando via IHM no momento da gravação de rota, sendo assim é necessário apenas gravar os pontos de deslocamento, se atentando sempre a altura do garfo.

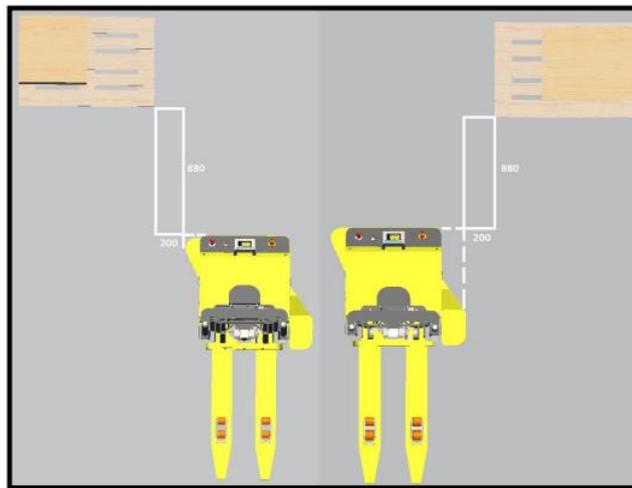


Figura 34 – Exemplo da distância de proteção do scanner do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.



Figura 35 – Exemplo de como o LGV se posiciona na frente do pallet  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.



Figura 36 – Exemplo de como o LGV posiciona o garfo para pegar o pallet  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

Juntando com os pontos de rota anteriores, até agora temos os seguintes pontos de rota:

Ponto	Distância (m)			Descrição
	X	Y	Z	
1	0	0	0,2	Pontos da Rota Inicial
2	700	0	0,2	
3	700	500	0,2	
4	1100	500	0,2	
5	1100	375	0,2	
6	1099,5	375	0,2	Ponto de Aproximação
7	1099,5	375	0,6	Ponto do Garfo
8	1099,5	375	0,6	Ponto do Pallet
9	1099,5	375	0,6	Ponto do Garfo
10	1099,5	375	0,2	Ponto de Aproximação

Tabela 11 – Exemplo da Rota Inicial e Rota de Coleta do LGV  
**Fonte:** Autoria Própria (2022)

Note que o Ponto 6 tem uma diferença de 0,5 m (ou 50 cm) do Ponto 5. Isso significa que para o Ponto de Aproximação era mais interessante que o LGV estivesse mais próximo do Pallet, para que haja menor distância e mais rapidez na hora da coleta.

No Ponto 7 tem-se um aumento de 0,4m em Z, que significa que o Garfo precisa levantar 0,4 metro para ficar na altura de transporte do Pallet.

Os Pontos 9 e 10 são repetições dos Pontos 7 e 8 na ordem inversa, para que o LGV possa sair da maneira que entrou.

#### 4.4.7. ROTA DE ENTREGA

O procedimento para marcação da Rota de Entrega é similar ao da Rota Inicial. Como o LGV se desloca somente para frente e em linha reta, ele deverá passar por todos os pontos. No exemplo da Figura 37, ele sai então do Ponto de Coleta 1 (PC1) e vai para o Ponto de Entrega 1 (PE1), passando pelos Pontos 11, 12, 13 e 14. Lembrando sempre de verificar a posição do garfo.

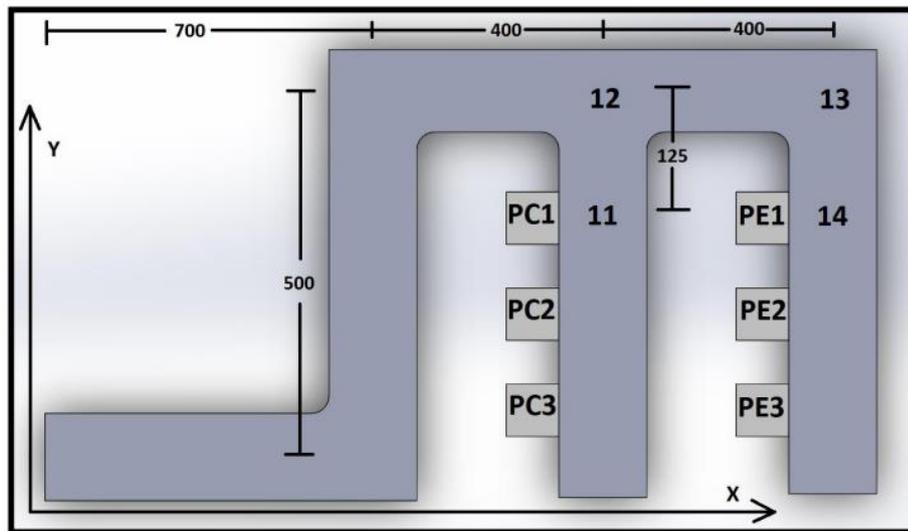


Figura 37 – Exemplo da Rota de Entrega e suas dimensões para gravar a rota do LGV  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

Ponto	Distância (m)			Descrição
	X	Y	Z	
1	0	0	0,2	Pontos da Rota Inicial
2	700	0	0,2	
3	700	500	0,2	
4	1100	500	0,2	
5	1100	375	0,2	
6	1099,5	375	0,2	Ponto de Aproximação
7	1099,5	375	0,6	Ponto do Garfo
8	1099,5	375	0,6	Ponto do Pallet
9	1099,5	375	0,6	Ponto do Garfo
10	1099,5	375	0,2	Ponto de Aproximação
11	1100	375	0,2	Pontos da Rota de Entrega
12	1100	500	0,2	
13	1500	500	0,2	
14	1500	375	0,2	

Tabela 12 – Exemplo da Rota Inicial, Rota de Coleta e Rota de Entrega do LGV  
**Fonte:** Autoria Própria (2022)

#### 4.4.8. PONTOS DE ENTREGA

O procedimento para marcação dos Pontos de Entrega é similar ao dos Pontos de Coleta. Assumindo que as distâncias do Ponto de Aproximação, Ponto do Garfo sejam as mesmas do Ponto de Coleta, temos uma situação como na Figura 31. Os pontos na rota serão conforme a tabela abaixo:

Ponto	Distância (m)			Descrição	
	X	Y	Z		
1	0	0	0,2	Pontos da Rota Inicial	
2	700	0	0,2		
3	700	500	0,2		
4	1100	500	0,2		
5	1100	375	0,2		
6	1099,5	375	0,2	Ponto de Aproximação	
7	1099,5	375	0,6	Ponto do Garfo	
8	1099,5	375	0,6	Ponto do Pallet	
9	1099,5	375	0,6	Ponto do Garfo	
10	1099,5	375	0,2	Ponto de Aproximação	
11	1100	375	0,2	Pontos da Rota de Entrega	Coleta
12	1100	500	0,2		
13	1500	500	0,2		
14	1500	375	0,2		
15	1499,5	375	0,2	Ponto de Aproximação	
16	1499,5	375	0,6	Ponto do Garfo	
17	1499,5	375	0,6	Ponto do Pallet	
18	1499,5	375	0,6	Ponto do Garfo	
19	1499,5	375	0,2	Ponto de Aproximação	

Tabela 13 – Exemplo da Rota Inicial, Rota de Coleta, Rota de Entrega e Rota de descarga do LGV  
**Fonte:** Autoria Própria (2022)

#### 4.4.9. ROTA DE RETORNO

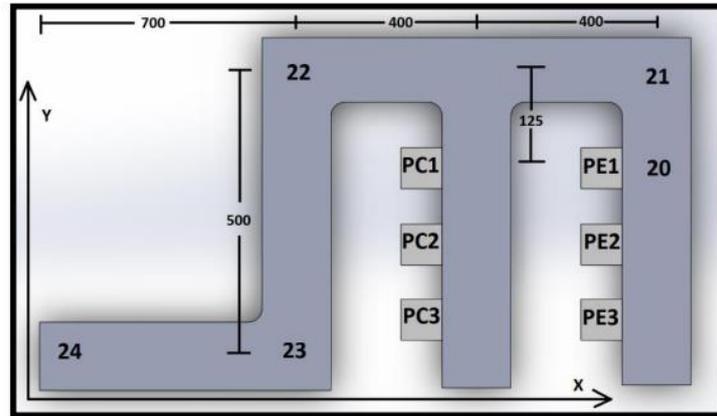


Figura 38 – Exemplo da Rota de Retorno e suas dimensões para gravar a rota do LGV

Fonte: Manual do LGV cedido pela empresa.

Finalmente, tendo entregado o Pallet em um dos Pontos de Entrega, o LGV pode agora prosseguir até um próximo Ponto de Coleta ou retornar à Origem. No caso de retornar à origem, conforme exemplo da Figura 38, teríamos então a seguinte Rota completa:

Ponto	Distância (m)			Descrição	
	X	Y	Z		
1	0	0	0,2	Pontos da Rota Inicial	
2	700	0	0,2		
3	700	500	0,2		
4	1100	500	0,2		
5	1100	375	0,2		
6	1099,5	375	0,2	Ponto de Aproximação	Coleta
7	1099,5	375	0,6	Ponto do Garfo	
8	1099,5	375	0,6	Ponto do Pallet	
9	1099,5	375	0,6	Ponto do Garfo	
10	1099,5	375	0,2	Ponto de Aproximação	
11	1100	375	0,2	Pontos da Rota de Entrega	
12	1100	500	0,2		
13	1500	500	0,2		
14	1500	375	0,2		
15	1499,5	375	0,2	Ponto de Aproximação	Entrega
16	1499,5	375	0,6	Ponto do Garfo	
17	1499,5	375	0,6	Ponto do Pallet	
18	1499,5	375	0,6	Ponto do Garfo	
19	1499,5	375	0,2	Ponto de Aproximação	
20	1500	375	0,2	Pontos da Rota de Retorno	
21	1500	500	0,2		
22	700	500	0,2		
23	700	0	0,2		
24	0	0	0,2		

Tabela 14 – Exemplo da Rota Completa do LGV (Inicial, Coleta, Entrega, Descarga e Retorno)

Fonte: Autoria Própria (2022)

Agora que entendemos como se deve gravar a rota do LGV, a partir do exemplo dado, fica muito simples de fazermos a gravação para as duas rotas do projeto. De maneira simples temos as duas tabelas abaixo, Tabela 15 e Tabela 16 que representam respectivamente as rotas 1 e 2 do nosso novo processo de coleta.

Como falado anteriormente, o ideal seria que a gravação de rotas fosse feita por um Engenheiro da empresa parceira, mas para evitarmos gastos, seguimos o manual e conseguimos fazer a gravação. Contudo, está gravação requer mais tempo e atenção, pois há chance de errar. Durante a gravação voltamos algumas vezes alguns pontos pois sempre encontrávamos um ponto mais adequado em relação ao anterior, o que seria resolvido de maneira menos complexa com o auxílio do Engenheiro da empresa parceira, pois como eles tem acesso total ao equipamento, eles conseguem entrar na sua programação e mapear de forma rápida e muito mais assertiva todos os refletores instalados, fazendo com que a gravação de rota seja mais simples, rápida e eficaz.

Ponto	Distância (m)			Descrição
	X	Y	Z	
1	0	0	0,2	Pontos da Rota Inicial
2	18	0	0,2	
3	18	5	0,2	
4	30	5	0,2	
5	29,5	5	0,2	Ponto de Aproximação
6	29,5	5	0,6	Ponto do Garfo
7	29,5	5	0,6	Ponto do Pallet
8	29,5	5	0,6	Ponto do Garfo
9	29,5	5	0,2	Ponto de Aproximação
10	30	5	0,2	Pontos da Rota de Entrega
11	18	5	0,2	
12	18	0	0,2	
13	15	0	0,2	
14	14,5	0	0,2	Ponto de Aproximação
15	14,5	0	0,6	Ponto do Garfo
16	14,5	0	0,6	Ponto do Pallet
17	14,5	0	0,6	Ponto do Garfo
18	14,5	0	0,2	Ponto de Aproximação
19	15	0	0,2	Pontos da Rota de Retorno
20	0	0	0,2	

Tabela 15 – Exemplo da Rota 1 Completa do LGV  
**Fonte:** Autoria Própria (2022)

Ponto	Distância (m)			Descrição
	X	Y	Z	
1	0	0	0,2	Pontos da Rota Inicial
2	18	0	0,2	
3	18	5	0,2	
4	50	5	0,2	
5	49,5	5	0,2	Ponto de Aproximação
6	49,5	5	0,6	Ponto do Garfo
7	49,5	5	0,6	Ponto do Pallet
8	49,5	5	0,6	Ponto do Garfo
9	49,5	5	0,2	Ponto de Aproximação
10	50	5	0,2	Pontos da Rota de Entrega
11	18	5	0,2	
12	18	0	0,2	
13	15	0	0,2	
14	14,5	0	0,2	Ponto de Aproximação
15	14,5	0	0,6	Ponto do Garfo
16	14,5	0	0,6	Ponto do Pallet
17	14,5	0	0,6	Ponto do Garfo
18	14,5	0	0,2	Ponto de Aproximação
19	15	0	0,2	Pontos da Rota de Retorno
20	0	0	0,2	

Tabela 16 – Exemplo da Rota 2 Completa do LGV  
**Fonte:** Autoria Própria (2022)

#### 4.5. SEGURANÇA DO LGV

O LGV é composto por scanners e sensores que possibilitam a identificação da presença de pessoas, objetos, estruturas, etc, no seu caminho, juntamente com o sistema de parada automática. Portanto, o LGV é extremamente seguro em relação ao ser humano, uma vez que possui ferramentas tecnológicas para evitar possíveis complicações.

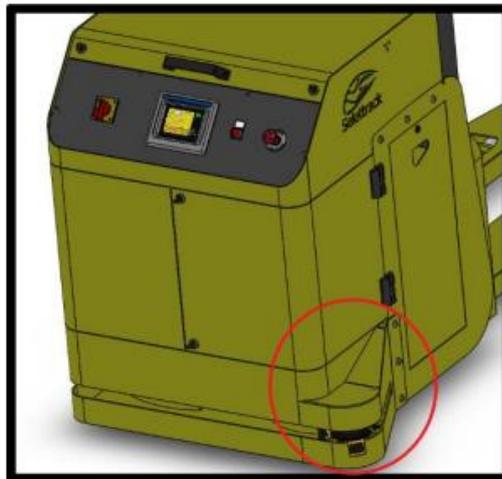


Figura 39 – Localização do Scanner Frontal  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

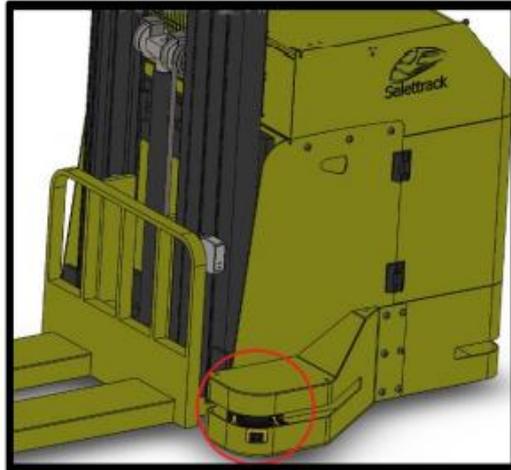


Figura 40 – Localização do Scanner Traseiro  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.



Figura 41 – Exemplo do Scanner Frontal e Traseiro  
**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

## 5. SÍNTESE CONCLUSIVA

Este trabalho abordou questões relacionadas ao processo de coleta de material acabado, tanto em seu estágio inicial, onde o processo era feito pelo fator humano, como também em seu estágio atual onde consiste em uma automação com LGV.

Para otimização do processo de coleta foi feita a automação, criando-se a partir do absoluto zero toda a estrutura necessária para fazermos a substituição do fator humano pelo fator tecnológico, preservando e respeitando os colaboradores do processo e fazendo realocação deles em processos relacionados, de maneira direta ou indireta, com o processo de coleta de material acabado.

Os benefícios da automação foram impactantes e de extrema importância. São eles:

- O primeiro ponto a se destacar foi o ganho ergonômico para todo o time. Evitar riscos ergonômicos é uma coisa fundamental e de extrema importância nos dias de hoje, principalmente por termos acesso, com mais facilidade, a tecnologias que podem nos auxiliar durante o período de trabalho. Em relação aos riscos ergonômicos por parte dos colaboradores no processo de coleta, tivemos uma queda meteórica gradativa, até chegarmos ao ponto de hoje não termos mais riscos ergonômicos dentro do processo;
- Não foi possível reduzir drasticamente o tempo do processo quando comparado com o fator humano, contudo, para a demanda de 120 pallets/dia que temos hoje, apenas um LGV atende toda a coleta de material acabado. Uma redução de tempo impactante não foi possível por questões de segurança, pois para aumentarmos a velocidade do LGV e reduzirmos o tempo, seria necessário passar por cima de normas técnicas em relação a velocidade de tráfego dentro do ambiente de trabalho, o que poderia trazer prejuízos para os colaboradores. Por mais que o LGV tenha toda uma estruturação de segurança como scanners para identificar quem se aproxima, e sistemas de parada automática, não é seguro e devemos respeitar o espaço do colaborador;
- Aumento da eficiência do processo em 70% nas 3 primeiras semanas. Esse aumento se deve por conta de todo alinhamento feito com ambos os times, logística e manufatura, onde apontamos que o material a ser coletado deve estar 100% disponível para coleta, até porque estamos falando de um robô, e obviamente a função dele é apenas coletar. Não temos uma eficiência de 100% pois temos de qualquer forma o fator humano, e este é um fator que está propício a erros, e quando

falamos de erro não seria para coletar o material, mas para fazer com que todos os envolvidos estejam conectados para fazer com que o processo de coleta flua da maneira mais eficaz possível;

- Redução de tempo nos processos relacionados ao de coleta. Infelizmente a redução drástica que gostaríamos de obter com a automação no processo de coleta não foi possível, contudo, tivemos a redução de tempo em processos relacionados, pois como eliminamos o fator humano do processo de coleta e fizemos a realocação para outros processos que dependem da coleta, tivemos uma redução em quase 35% do tempo. Ou seja, todas as partes ganham, pois além de mantermos o colaborador em nosso quadro de funcionários e evitar possíveis demissões, tivemos uma bela redução de tempo nos processos relacionados.

Em contrapartida, o custo do LGV é extremamente alto, mesmo que o projeto da automação seja pago em pouco tempo. Entretanto, para mantermos a eficiência atual e até mesmo aumentá-la, fazendo com que o LGV fique funcionando 24h por dia, todos os dias, devemos ter em mente que o custo de manutenção será alto. Contudo, para evitarmos possíveis falhas e paradas, e até mesmo prejuízos, a manutenção, seja ela preditiva ou preventiva, ou até mesmo as duas em conjunto, se faz necessário.

Para os próximos passos, temos como objetivo aumentar os pontos de coleta, conseqüentemente teremos mais estruturas para os refletores, mais rotas e possivelmente mais um LGV para auxiliar, e tentar expandir o uso do LGV para outros processos.

## **5.1. CONCLUSÃO**

Do ponto de vista ergonômico tivemos um ganho de 100%, pois estes mesmos riscos poderiam acarretar futuros problemas, tanto no aspecto da saúde do colaborador, como também no aspecto econômico por parte da empresa.

Em relação a eficiência, hoje tem-se um processo mais eficiente, que tende a melhorar conforme o passar do tempo, sempre investindo no treinamento de todos os envolvidos e auxiliando em qualquer dúvida que surja dentro do processo.

## REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2007
- BOWERSOX, D. J. **Gestão logística de cadeia de suprimentos**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- GEORGE, M. D. **Lean Six Sigma - Combining Six Sigma Quality with Lean Speed**, McGraw-Hill, New York, NY, 2002
- ANDERSSON, R.; HAMMERSBERG, P. A Six Sigma framework enabling collaborations across companies' boundaries in the Supply Chain. 19th Annual Conference for Nordic Researchers in Logistics NOFOMA, Reykjavik, Iceland, 2007.
- FABBE-COSTES, N.; JAHRE, M. **Supply Chain integration and performance: a review of the evidence**, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 19, nº 2.
- BAGCHI, P. K.; CHUN HA, B.; SKJOETT-LARSEN, T.; BOEGE SOERENSEN, L. **Supply chain integration: a European survey**, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 16, nº 2.
- DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 3 ed. São Paulo: BLUCHER, 2012
- VIEIRA, J. L.; MICALES, M. L. V. **Manual de Ergonomia: Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº17**. 2 ed. São Paulo: EDIPRO, 218
- PESSÔA, M. S. de P. **Introdução à automação para cursos de engenharia e gestão**. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2014.
- BARBOSA, S. D.; SILVA, B. S. **Interação Humano-Computador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- BENYON, D. **Interação Humano-Computador**. 2. ed, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Design de Interação: além da interação humano-computador**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- Cross-functional Process Map** – Disponível em: <<https://online.visual-paradigm.com/knowledge/flowchart/what-is-cross-functional-flowchart/>>. Acesso: 08 de março de 2022.

**PENTECH. Como países de 1º mundo alcançam custos logísticos competitivos: confira 3 insights para aplicar hoje mesmo! 2021.** Disponível em:

<<https://www.opentechgr.com.br/blog/como-paises-de-alcancam-custos-logisticos-competitivos-confira-3-insights-para-aplicar-hoje-mesmo/>>. Acesso: 08 de março de 2022.

**AGVNETWORK. What is a Laser Guided Vehicle? LGV Vehicle: Advantages and Disadvantages.** Disponível em: <<https://www.agvnetwork.com/what-is-a-laser-guided-vehicle-lgv#what>>. Acesso: 05 de março de 2022.

**DIVA-PORTAL.ORG. Laser Navigation System for Automatic Guided Vehicles.** Disponível em: <<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:995294/FULLTEXT01.pdf>>. Acesso: 05 de março de 2022.

**CDN.SICK. NAV 350 DOCUMENT: LASER POSITIONING SENSOR.** Disponível em: <[https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating\\_instructions\\_nav350\\_laser\\_positioning\\_sensor\\_en\\_im0040143.pdf](https://cdn.sick.com/media/docs/3/43/143/operating_instructions_nav350_laser_positioning_sensor_en_im0040143.pdf)>. Acesso: 05 de março de 2022.

**Manual do LGV** - cedido pela empresa. Acesso: 05 de março de 2022.

## ANEXO

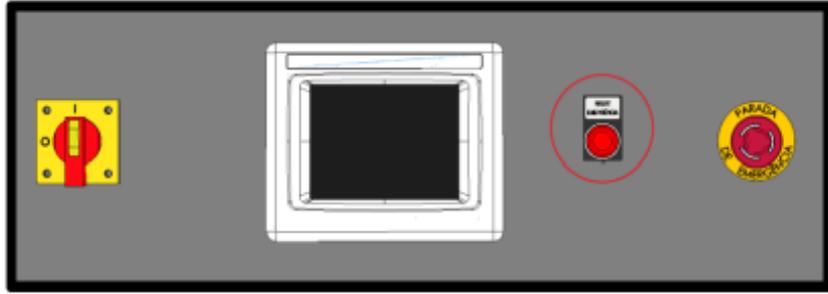
## ANEXO A – Tabela com as falhas, alarmes e soluções do LGV

FALHAS/ALARMES	SOLUÇÕES
10-LGV OK	O LGV está em modo normal de operação.
20-Bateria nível crítico/LGV em manual	Bateria atingiu o nível mínimo para movimento, LGV operando apenas em modo manual, considere recarregar a bateria.
21-Bateria nível baixo	Bateria atingiu o nível mínimo. LGV não operante considere a substituição por uma bateria carregada.
30-Emergência acionado	O botão de emergência foi acionado, VERIFIQUE se não a situação de perigo. Gire o botão de emergência para destravar e aperte RESET. Siga os passos do Item.
31-Área de segurança scanner frontal	A área de segurança frontal do LGV foi invadida, libere o caminho e libere o LGV.
32-Área de segurança scanner trás	A área de segurança traseira do LGV foi invadida, libere o caminho e libere o LGV.
33-Zona aviso scanner frontal	A zona de aviso do scanner frontal foi invadida, libere o caminho.
34-Zona aviso scanner trás	A zona de aviso do scanner traseira foi invadida, libere o caminho
35-Scanner frontal lente suja	A lente do scanner frontal está suja, limpe com um pano seco e macio. <b>ATENÇÃO:</b> <i>Não esfregar com força excessiva ou pano áspero, havendo risco de danificação da lente do scanner</i>
36-Scanner trás lente suja	A lente do scanner traseiro está suja, limpe com um pano seco e macio, não force a lente. <b>ATENÇÃO:</b> <i>Não esfregar com força excessiva ou com pano áspero, havendo perigo de danificação da lente do scanner.</i>
40-Número de espelhos menor que 3	O número de espelhos para navegação é menor que 3, verifique a integridade dos espelhos.

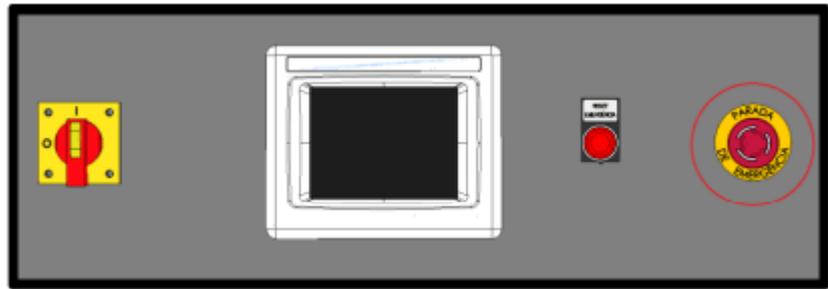
41-SICK NAV não conectado	Verifique a conexão entre o SICK Nav e o painel do LGV.
42-Sem convergência do ponto de navegação	O LGV não conseguiu convergir para o ponto de navegação estipulado.
50-Garfo em movimento	O garfo do LGV está em movimento, mantenha-se distante.
51-Garfo OK sem movimento	O garfo do LGV está sem movimento
52-Reset do LGV necessário	O botão reset necessita ser pressionado.
53-Rota finalizada	O LGV chegou ao ponto de destino.
60-Falha disjuntor bomba	Disjuntor da bomba está em falha, verifique as ligações da bomba em busca de curtos circuitos. Caso o disjuntor desarme constantemente, comunique a equipe de manutenção.
61-Falha disjuntor direção	Disjuntor da direção está em falha, verifique as ligações da direção em busca de curtos circuitos. Verifique o status do conversor 24/ 48V. Caso o disjuntor desarme constantemente, comunique a equipe de manutenção.
62-Falha disjuntor tração	Disjuntor da tração está em falha, verifique as ligações da tração em busca de curtos circuitos. Caso o disjuntor desarme constantemente, comunique a equipe de manutenção.
63-Tração sem feedback de movimento	Tração não está respondendo aos comandos, contate a equipe de manutenção.

**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa.

**ANEXO B – Botão Reset e Parada de Emergência do LGV**

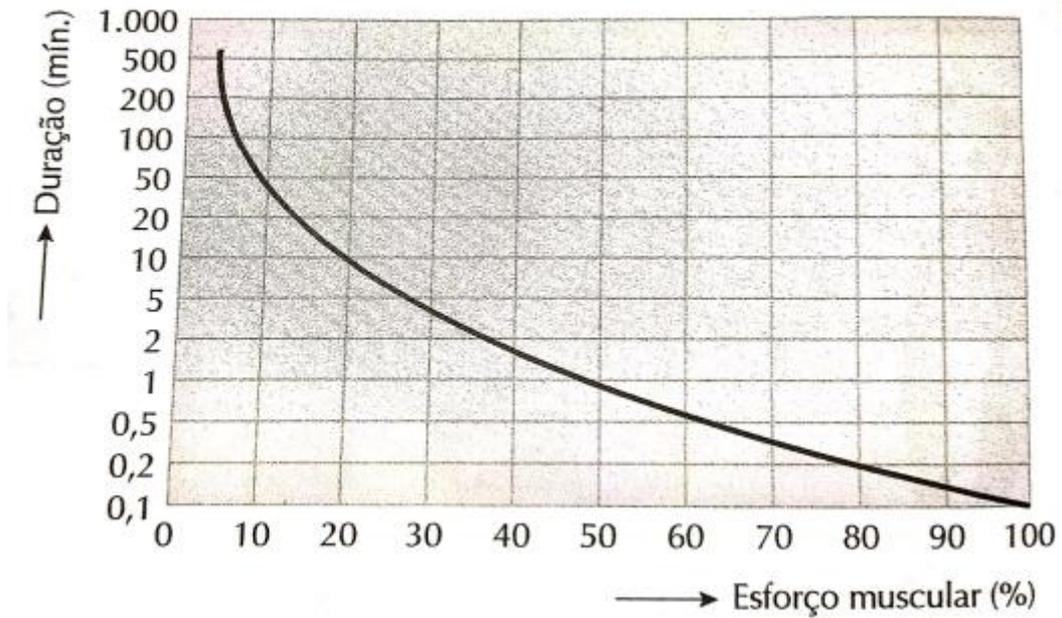


**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa

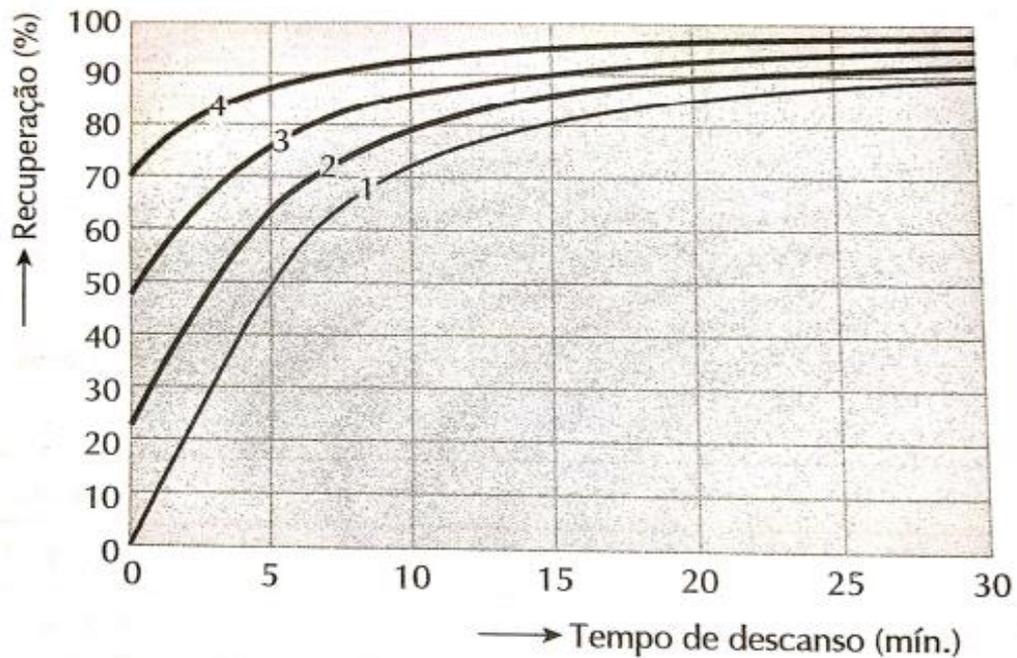


**Fonte:** Manual do LGV cedido pela empresa

**ANEXO C – Gráfico de Esforço Muscular (%) x Tempo (mín) e Gráfico de Recuperação Muscular (%) x Tempo de descanso (mín)**



Fonte: DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 3 ed. São Paulo: BLUCHER, 2012



Fonte: DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 3 ed. São Paulo: BLUCHER, 2012