



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**  
**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE**  
**PASSAGEM DE NÍVEL PARA O BAIRRO FERROVIÁRIO**  
**(PASSAGEM DE NÍVEL DA DONA ALICE – CFM\_SUL)**

**Autor:**

Inocência Ventinha Bila

**Supervisores:**

Mestre Fernando Chachaia, Eng<sup>o</sup>

Eng<sup>o</sup> Ernesto Cumbana

Maputo, Junho de 2025



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**  
**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO DE  
PASSAGEM DE NÍVEL PARA O BAIRRO FERROVIÁRIO  
(PASSAGEM DE NÍVEL DA DONA ALICE – CFM\_SUL)**

**Autor:**

Inocêncio Ventinha Bila

**Supervisores:**

Mestre Fernando Chachaia, Eng<sup>o</sup>

Eng<sup>o</sup> Ernesto Cumbana

Maputo, Junho de 202



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA PL

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Declaro que o estudante Inocêncio Ventinha Bila entregou no dia 10/06/2025 as 3 cópias do relatório do estágio profissional com referência: 2025ELEPPL01

Intitulado: **Proposta de um sistema automático de passagem de nível para o bairro ferroviário (passagem de nível da Dona Alice – CFM\_SUL)**

Maputo, Junho de 2025

---

(Inocêncio Ventinha Bila)

## **DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE**

Eu, Inocêncio Ventinha Bila, declaro que sob compromisso de honra que o presente trabalho é original e foi realizado por mim, respeitando todas normas éticas e académicas estabelecidas.

Declaro que todas as fontes de informação utilizadas foram devidamente citadas e referenciadas, e que não houve plágio, nem qualquer forma de desonestidade académica no desenvolvimento deste projecto.

Maputo, Junho de 2025

---

(Inocêncio Ventinha Bila)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mãe, a minha madrinha e a minha esposa, que sempre me incentivaram e apoiaram nos momentos mais desafiadores.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela força e pela graça que tem-me proporcionado mesmo não merecendo.

Agradeço a minha mãe e a minha madrinha pelo suporte e encorajamento constantes, sem os quais este trabalho não seria possível.

Agradeço aos meus supervisores, Mestre Fernando Chachaia e eng ° Ernesto Cumbana pelo direccionamento, paciência e apoio em cada fase deste projecto.

Agradeço aos meus colegas de serviço pelo apoio incondicional, agradeço aos meus familiares e amigos que me apoiaram directa ou indirectamente e estendo os meus humildes agradecimentos aos meus docentes que compartilharam seu conhecimento ao longo do curso, enriquecendo ainda mais a minha formação. E por fim agradeço aos meus colegas, que tornaram o percurso mais leve e produtivo em especial ao, Ginêncio Chicuava, ao Helton Chimene, ao Marvin Canda, ao Dário Nhacal, ao Dércio Abranches e ao Daniel Munguambe.

## RESUMO

Este projecto propõe a modernização das passagens de nível, trazendo um sistema automático de passagem de nível na travessia ferroviária da Dona Alice, localizada no bairro ferroviário. O foco principal é aumentar a segurança dos veículos e pedestres, automatizando o fechamento e abertura de barreiras durante a passagem dos veículos ferroviários, e mantendo a possibilidade de operação manual em casos especiais. O funcionamento do sistema será baseado na detecção automática de veículos ferroviários através de sensores instalados na via, que identificarão a aproximação e o afastamento das composições ferroviárias. Ao detectar um comboio em aproximação, o sistema activará sinais sonoros e visuais, emitindo alertas para os usuários da via. Após um tempo de aviso programado, as barreiras serão automaticamente abaixadas, bloqueando o trânsito rodoviário. Durante a travessia do comboio, as barreiras permanecerão fechadas e os sinais continuarão activos. Assim que o trem completar a travessia e os sensores detectarem o afastamento seguro, as barreiras serão abertas e os sinais desactivados, permitindo o retorno seguro do tráfego rodoviário. O sistema contará ainda com um painel de controle manual, que permitirá a intervenção humana em casos de emergência, manutenção ou falhas. Por meio deste painel, será possível realizar o comando manual das barreiras e dos sinais de alerta. A adopção deste sistema proporcionará benefícios como a redução de acidentes, agilidade no gerenciamento do tráfego e maior segurança para a comunidade do bairro ferroviário. O projecto reforça a necessidade de modernizar as passagens de nível, integrando tecnologia confiável e eficiente para o transporte ferroviário e rodoviário local.

**Palavras-Chave:** Sistema automático; Passagem de nível; Detecção de veículos ferroviários; Controle manual; Dona Alice.

## **ABSTRACT**

This project proposes the modernization of level crossings by introducing an automatic level crossing system at the Dona Alice railway crossing, located in the railway neighborhood. The main focus is to increase the safety of vehicles and pedestrians by automating the closing and opening of barriers during the passage of trains, while maintaining the possibility of manual operation in special cases. The system will operate based on the automatic detection of trains through sensors installed along the railway line, which will identify the approach and departure of trains. Upon detecting an approaching train, the system will activate audible and visual signals, issuing alerts to road users. After a programmed warning time, the barriers will automatically lower, blocking road traffic. During the train crossing, the barriers will remain closed and the signals will stay active. As soon as the train completes the crossing and the sensors detect its safe departure, the barriers will open and the signals will be deactivated, allowing the safe resumption of road traffic. The system will also include a manual control panel, allowing human intervention in cases of emergency, maintenance, or malfunction. Through this panel, it will be possible to manually operate the barriers and warning signals. The adoption of this system will bring benefits such as the reduction of accidents, improved traffic management efficiency, and greater safety for the residents of the railway neighborhood. The project reinforces the need to modernize level crossings by integrating reliable and efficient technology for local rail and road transportation.

## **Keywords**

Automatic system; Level crossing; Train detection; Manual control; Dona Alice.

## ÍNDICE

LISTA DE SÍMBOLOS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
1. CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.1. INTRODUÇÃO.....	1
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3. JUSTIFICATIVA.....	2
1.4. OBJECTIVOS.....	2
1.4.1. OBJECTIVO GERAL.....	2
1.4.2. OBJECTIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.5. METODOLOGIA.....	3
1.5.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.6. ESTRUTURA DE TRABALHO.....	4
2. CAPÍTULO III – REVISÃO LITERÁRIA.....	6
2.1. Passagem de nível.....	6
2.1.1. Tipos de passagens de níveis.....	6
2.2. Sinalização.....	7
2.2.1. Sinalização ferroviária.....	7
2.2.2. Sinalização numa PN.....	7
2.3. Sinais específicos para passagens de nível.....	8
2.3.1. Sinais de pré-sinalização.....	8
2.3.2. Sinais de perigo.....	9
2.3.3. Sinais luminosos.....	9
2.3.4. Sinal de cedência de passagem.....	10
2.3.5. Sinais de proibição ou fim de proibição.....	10
2.3.6. Sinal sonoro.....	10
2.4. Critérios de utilização e colocação da sinalização.....	11
2.4.1. Sinalização vertical na aproximação da PN.....	11
2.4.2. Sinalização vertical no local da PN.....	13

2.4.3.	Conjuntos de sinais verticais e equipamento a aplicar nos locais das PN .....	14
2.5.	Postes de sinalização .....	17
2.6.	Sensor .....	18
2.6.1.	Sensor indutivo .....	19
2.7.	Laço indutivo.....	20
2.7.1.	Detector de laço indutivo .....	21
2.8.	Cancela automática .....	22
2.9.	Semáforos.....	23
2.10.	Controlador lógico programável (CLP).....	23
2.11.	Acidente ferroviário.....	25
3.	CAPÍTULO IV – PROJECTO.....	27
3.1.	Contextualização .....	27
3.2.	Análise da PN da Dona Alice.....	28
3.2.1.	Insuficiência de sinalização .....	30
3.2.2.	Sirene instalado na guarita .....	31
3.2.3.	Desnível entre a via ferroviária e a via rodoviária.....	32
3.2.4.	Quadro de comando ou controle com irregularidades técnicas .....	33
	Quadro de comando esperado.....	35
3.3.	Necessidades de um sistema automático de passagem de nível da Dona Alice .....	36
3.4.	Descrição do projecto.....	38
3.4.1.	Normas .....	39
3.4.2.	Componentes principais para implementação do projecto .....	39
3.5.	Dimensionamento do sistema automático de passagem de nível.....	40
3.5.1.	Controlador lógico programável .....	40
3.5.2.	Laços indutivos e detector de laço indutivo.....	41
3.5.3.	Sirene .....	43
3.5.4.	Cancelas .....	44
3.5.5.	Temporizador on delay .....	44
3.5.6.	Contacto e disjuntor.....	45
3.5.7.	Semáforos .....	46
3.6.	Programação.....	47

3.6.1.	Software de programação .....	47
3.6.2.	Definição das variáveis .....	48
3.6.3.	Diagrama de bloco .....	49
3.6.4.	Programa do sistema automático de passagem de nível .....	49
3.7.	Bloco do sistema automático de passagem de nível .....	50
3.8.	Ligações do autómato – sistema automático.....	51
3.9.	Diagrama eléctrico – sistema manual.....	52
3.10.	Posicionamento e instalação dos laços indutivos .....	52
3.11.	Quadro de comando.....	54
3.11.1.	Montagem frontal do quadro de comando .....	55
4.	CAPÍTULO V – ESTIMATIVA DE CUSTO .....	56
4.1.	Estimativa de custo do quadro de comando .....	56
4.2.	Estimativa de custo de materiais principais .....	57
5.	CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
5.1.	CONCLUSÃO .....	58
5.2.	RECOMENDAÇÕES .....	59
5.3.	BIBLIOGRAFIA.....	60
ANEXOS	.....	A

## **LISTA DE SÍMBOLOS**

PE – Protecção de Terra

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

CFM – Caminhos de Ferro de Moçambique

SMREA – Serviço de Manutenção de Redes Eléctricas e Água

RST – Regulamento de Sinais de Trânsito

RPN – Regulamento de Passagens de Nível

NBR – Norma Brasileira

AC – Corrente Alternada

T – Temporizador

B – Botão

VA – Tensão Alternada

t – Tempo

PLC – Programmable Logic Controller

PN – Passagem de nível

PT – Posto de Transformação

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sinais de pré-sinalização- faixa direita (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P) .....	9
Figura 2: Sinais de pré-sinalização- faixa direita (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P) .....	9
Figura 3: Sinais de perigo (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).....	9
Figura 4: Sinais luminosos (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P) .....	10
Figura 5: Sinal STOP (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P) .....	10
Figura 6: Sinal de proibição ou fim de proibição (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P) .....	10
Figura 7: Sinais de pré-sinalização de aproximação de PN com guarda (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).....	11
Figura 8: Sinais de pré-sinalização de aproximação de PN sem guarda (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).....	12
Figura 9: Sinais de pré-sinalização de aproximação de PN com guarda (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).....	12
Figura 10: Sinais de pré-sinalização de aproximação de PN sem guarda (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).....	13
Figura 11: Sinal cruz Santo André para uma única via-férrea (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).....	14
Figura 12: Sinal cruz Santo André para duas ou mais vias férreas (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).....	14
Figura 13: PN do tipo A (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).....	15
Figura 14: Passagem de nível do tipo B (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).	15
Figura 15: Passagem de nível do tipo C (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).	16
Figura 16: Passagem de nível do tipo D (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P).	17
Figura 17: a) poste do tipo coluna; b) coluna dupla; c) braço projectado (Fonte: Autor) .....	18
Figura 18: Sensor indutivo (Fonte: RH Materiais Eléctricos) .....	19
Figura 19: Saídas de um sensor indutivo (Fonte: DIGIMEC) .....	20
Figura 20; Laço indutivo (Fonte: Netalarmes).....	21
Figura 21: Detector de laço indutivo (Fonte: PPA) .....	22
Figura 22: Cancela automática (Fonte: Optsis) .....	22
Figura 23: partes principais duma cancela automática (Fonte: Optsis) .....	23
Figura 24: Semáforos (Fonte: Autor).....	23
Figura 25: Ciclo de varredura dum CLP (Fonte: Siembra).....	24
Figura 26: Estrutura interna de um CLP (Fonte: Siembra).....	24
Figura 27: Modelagem da passagem de nível da Dona Alice (Fonte: Autor) .....	27
Figura 28: Modelagem reduzida da passagem de nível da Dona Alice (Fonte: Autor).....	28
Figura 29: Sinalização em falta na PN da Dona Alice (Fonte: Autor) .....	30

Figura 30: proposta da sinalização para a PN da Dona Alice (Fonte: Autor).....	31
Figura 31: Sirene instalada em local impróprio (Fonte: Autor).....	32
Figura 32:Proposta do loca da instalação de sirene (Fonte: Autor) .....	32
Figura 33: Desnível entre a ferrovia e a rodovia (Fonte: Autor) .....	33
Figura 34: Quadro de controle da PN da Dona Alice (Fonte: Autor).....	34
Figura 35: Esquema de comando e de potência proposto (Fonte: Autor).....	35
Figura 36: a) constante K em função de numero de voltas do laço indutivo, b) indutância do laço indutivo em $\mu H$ (Fonte: Siembra).....	42
Figura 37:exemplo de configuração de um laço indutivo (Fonte: Siembra) .....	42
Figura 38: Componentes que constituem um semáforo (Fonte: DENATRAN).....	46
Figura 39: Temporizador cíclico (Fonte:ACDC-DYNAMICS).....	47
Figura 40: Diagrama de bloco do sistema automático de PN com operação manual (Fonte: Autor) .....	49
Figura 41: Sistema de habilitação (Fonte: Autor).....	49
Figura 42: Sistema de monitoramento (Fonte: Autor).....	49
Figura 43: Sistema de activação das saídas (Fonte: Autor) .....	50
Figura 44: Bloco do sistema automático de PN (Fonte: Autor) .....	50
Figura 45: Ligação do autómato (Fonte: Autor) .....	51
Figura 46: Sistema manual de PN (Fonte: Autor) .....	52
Figura 47: posicionamento de laços indutivos e cancelas (Fonte: Autor) .....	54
Figura 48: Exemplo de como deve ser a montagem dos laços indutivos(Fonte: Autor) .....	54
Figura 49: Quadro de comando da marca NEMA (Fonte: Autor).....	55
Figura 50: proposta da vista frontal do quadro de comando (Fonte: Autor) .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comandos básicos dum PLC .....	25
Tabela 2: Sinais dum lanterna ferroviária .....	29
Tabela 3: Horários de maior pico de tráfego rodoviário .....	36
Tabela 4: Levantamento de carga .....	45
Tabela 5: Definição das variáveis do sistema .....	48
Tabela 6: Estimativa de custo de quadro de comando do sistema .....	56
Tabela 7: Estimativa de custo de materiais principais .....	57

## 1. CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO

### 1.1. INTRODUÇÃO

Em Moçambique, a malha ferroviária desempenha um papel fundamental na ligação entre as zonas portuárias, industriais e as regiões interiores do país, além de integrar o comércio regional com países vizinhos como África do Sul, Zimbabwe, Malawi e Eswatini. A empresa Caminhos de Ferro de Moçambique (CFM), responsável pela gestão e operação da maior parte das infra-estruturas ferroviárias, tem investido continuamente na modernização da sua rede para melhorar a eficiência, segurança e capacidade de transporte.

Contudo, mesmo com esses esforços, ainda persistem diversos desafios nas passagens de nível ferroviárias em zonas urbanas e suburbanas. Muitas destas passagens, como é o caso da passagem de nível da Dona Alice, localizada no bairro ferroviário, funcionam de forma manual ou sem sistemas automáticos eficientes de sinalização e protecção. Esta realidade expõe veículos, pedestres e mesmo as próprias operações ferroviárias a riscos elevados de acidentes, principalmente em horários de pico e em áreas de grande movimentação.

Em contextos como o moçambicano, onde o crescimento urbano é acelerado e a expansão do tráfego rodoviário é visível, a coexistência segura entre as linhas férreas e as vias urbanas torna-se um desafio cada vez maior. O aumento do volume de comboios de carga, de passageiros e o fluxo de veículos nos centros urbanos impõe a necessidade urgente de modernização das passagens de nível.

A operação manual, ainda muito comum em várias passagens administradas pela CFM, depende da actuação de operadores que controlam sinais e barreiras manualmente. Este método, apesar de funcional, está sujeito a limitações humanas como fadiga, distração, reacções lentas e falhas de comunicação, que podem resultar em acidentes graves, danos materiais e perda de vidas humanas.

Neste cenário, surge a necessidade de desenvolvimento de um sistema moderno e automático de passagem de nível para a Dona Alice que incorpora a operação manual.

## 1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A passagem de nível da Dona Alice, localizada no bairro ferroviário, actualmente apresenta algumas limitações que concerne a plenamente segurança de veículos e pedestres durante a travessia de veículos ferroviários. A ausência de um sistema automático eficiente de sinalização e controle das barreiras aumenta o risco de acidentes, atrasos no accionamento dos dispositivos de segurança e possíveis falhas humanas durante a operação manual.

Com o crescimento do tráfego ferroviário e rodoviário na região, a situação torna-se ainda mais crítica, exigindo uma solução que minimize os riscos e assegure a fluidez do trânsito de forma segura e confiável. A dependência de operações manuais e a falta de integração tecnológica impedem respostas rápidas e eficazes em situações de emergência ou falha operacional.

Assim, surge o problema central: como desenvolver um sistema automático de passagem de nível que aumente a segurança, reduza o risco de acidentes e permita ainda a operação manual em casos de necessidade, adaptado à realidade da travessia da Dona Alice?

## 1.3. JUSTIFICATIVA

A implementação de um sistema híbrido de passagem de nível justifica-se pela necessidade de modernizar a infra-estrutura ferroviária em Moçambique, aumentando a segurança das circulações ferroviárias e reduzindo os riscos de acidentes. O sistema híbrido proporciona maior flexibilidade operacional, permite um controle mais eficiente e melhora a segurança para automobilistas, pedestres e operadores dos veículos ferroviários.

## 1.4. OBJECTIVOS

### 1.4.1. OBJECTIVO GERAL

- Propor um sistema automático de passagem de nível para o bairro ferroviário (passagem de nível da dona Alice).

### 1.4.2. OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o sistema actual de passagem de nível da Dona Alice;

- Fazer levantamento da necessidade de um sistema automático na passagem de nível;
- Dimensionar o sistema automático de passagem de nível; e
- Fazer estimativa de custo do sistema automático de passagem de nível.

## 1.5. METODOLOGIA

A metodologia que será usada para elaboração deste projecto consistirá:

### 1.5.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

**Revisão bibliográfica** – realizar uma revisão de literatura existente sobre sistemas de controle incluindo artigos científicos, normas técnicas e relatórios de projectos relacionados. Estudar as normas locais, nacionais e internacionais que regulam a instalação de passagem de nível, critérios de sinalização, requisitos de segurança e padrões de engenharia.

**Estudo qualitativo** – compreender os aspectos não mensuráveis de projecto, como análise de requisitos de segurança, eficiência e a percepção dos usuários do sistema.

Realizar entrevista com especialista ou responsáveis pela gestão do tráfego ferroviário para identificar necessidades e melhorar o design do sistema. Este método consistirá em consultar aos técnicos e aos engenheiros especializados na área, com objectivo de obter informações sobre o caso em estudo.

**Estudo exploratório** – servirá para obtenção de informações preliminares sobre tecnologias, regulamentos e desafios antes de definir a solução final.

Analisar os diferentes tipos de sensores usados para detecção de veículos ferroviários (indutivos, ópticos, etc.), escolher os actuadores mais adequados (semáforos, cancelas e alarmes sonoros) e comparar plataformas de controles.

**Estudo experimental** – realizar teste de simulação utilizando software como AutoCAD, TPW03, CadeSimu, para avaliar a resposta do sistema aos diferentes cenários de tráfego e presença de veículos ferroviários e rodoviários.

Avaliar o desempenho do sistema em situação de falha, como a perda de sinal de um sensor ou falha no PLC.

- **Simulação e testes**

Verificar o funcionamento do sistema com base nos softwares de simulação.

- **Ferramentas**

TPW03 – para programar o PLC e controlar o sistema de acordo com os sensores e actuadores.

CadeSimu – para simular a operação do sistema automático de passagem de nível que será programado no TPW03.

AutoCAD – para criação do layout do cruzamento e posicionamento dos sensores e actuadores.

Paint – para criar diagramas e fluxogramas de funcionamento.

## **1.6. ESTRUTURA DE TRABALHO**

Para melhor organização e compressão do trabalho, o mesmo está dividido em (05) capítulos.

O primeiro capítulo é referente à contextualização e descrição do projecto em termos de formulação do problema que se procura resolver, os objectivos com vista à alcançar a solução final e por fim principais metodologias usadas.

O segundo contém a revisão literária, visa apresentar as principais teorias necessárias para a compressão dos elementos propostos na solução do problema.

O terceiro capítulo faz-se a análise do sistema actual da PN da Dona Alice bem como dimensionamento do sistema automático de passagem de nível. É neste capítulo onde elabora-se um programa em LADDER e diagrama eléctrico para o monitoramento da passagem de nível no modo automático assim como no modo manual.

O quarto capítulo apresenta lista de materiais necessários para a implementação da proposta de um sistema automático de passagem de nível.

O quinto capítulo e último deste trabalho contém as considerações finais, visando mostrar a correspondência com os objectivos definidos, e as recomendações para trabalhos futuros.

## 2. CAPÍTULO III – REVISÃO LITERÁRIA

### 2.1. Passagem de nível

Considera-se passagem de nível (PN) todo o cruzamento de nível da via pública ou privada com linhas ou ramais ferroviários.

Constituem uma das componentes mais perturbadoras do sistema de segurança de exploração ferroviária, sendo também pontos de conflitos geradores de permanente segurança.

Segundo o regulamento das circulações dos CFM, passagem de nível é um cruzamento entre a via ferroviária e a via rodoviária ao mesmo nível, onde os veículos ferroviários têm sempre prioridade.

#### 2.1.1. Tipos de passagens de níveis

As PNs são classificadas com base em diversos critérios, como o nível de automação, o tipo de protecção e o local onde estão inseridas.

##### 1. Quanto à protecção

**Passagem de nível não protegida** – sem sinalização ou com sinalização mínima. O cruzamento é feito sob responsabilidade do condutor veículo rodoviário.

**Passagem de nível semi – protegida** – possui sinais visuais (semáforo) e sonoros (sirene), mas não tem barreiras físicas.

**Passagem de nível protegida** – além da sinalização, possui barreiras (cancelas) que impedem fisicamente a passagem durante a travessia dos veículos ferroviários.

##### 2. Quanto ao nível de automação

**Manual** - a abertura e o fechamento da passagem são controlados por um operador local (como um guarda de passagem de nível).

**Automática** – o sistema detecta a aproximação de veículos ferroviários através de sensores e activa automaticamente a sinalização e as barreiras.

**Remotamente controlada** – o controle é feito à distancia, geralmente de um centro de controle.

### 3. Quanto à localização

**Urbana** – localizada em áreas densamente povoadas. Normalmente, exige maior grau de protecção devido ao volume de trafego.

**Rural** – em regiões com menor densidade populacional. Pode ter menor nível de protecção dependendo do trafego local.

### 4. Quanto ao tipo de via

**Rodoviária – ferroviária:** a passagem cruza uma estrada.

**Pedonal – ferroviário:** destinada apenas a pedestres.

**Mista:** permite o cruzamento tanto de veículos quanto de pedestres.

## 2.2.Sinalização

Sinalização é o conjunto de sinais, símbolos ou dispositivos utilizados para orientar, informar ou advertir pessoas em diferentes contextos, como no trânsito, em ferrovias, em ambientes industriais, escolares, entre outros. Ela tem como principal objectivo garantir a comunicação visual eficiente e a segurança das pessoas e dos sistemas. (departamento de Estradas e rodagem – São Paulo).

### 2.2.1. Sinalização ferroviária

Barros (2006) – A sinalização ferroviária é o conjunto de dispositivos visuais, sonoros ou electrónicos destinados a controlar e orientar a circulação dos veículos ferroviários, promovendo segurança e regularidade no tráfego ferroviário.

### 2.2.2. Sinalização numa PN

A sinalização ferroviária é um componente indispensável para a segurança e eficiência das passagens de nível. Esses pontos de intersecção entre a ferrovias e rodovias estão entre os locais mais críticos para o trafego, devido ao risco de colisões que podem resultar em danos materiais e perdas de vidas.

Os CFM possui uma malha ferroviária, com dezenas de PNs que conectam áreas urbanas, industriais e rurais. No entanto, muitas delas ainda carecem de sistemas de sinalização adequados, o que eleva o número de acidente e expõe empresas.

### **Sinalização passiva**

É aquela que não depende de energia eléctrica ou sistemas automáticos ou seja não possuem mecanismos de activação automática. Apenas informa os usuários da via sobre a existência da passagem, mas não reage à aproximação ou afastamento dos veículos ferroviários. Exemplos:

- Placas indicativas e de advertência;
- Cruz Santo André;
- Placa “atenção – PN).

### **Sinalização activa**

É aquela que funciona automaticamente ou com a intervenção humana e responde à aproximação dos veículos ferroviários por meio de sinais visuais e sonoros. Exemplos:

- Luzes vermelhas intermitentes;
- Alarmes sonoros;
- Cancelas ou barreiras automáticas.

## **2.3. Sinais específicos para passagens de nível**

São dispositivos instalados com o objectivo de alertar, orientar e proteger os usuários da via em uma passagem de nível.

### **2.3.1. Sinais de pré-sinalização**

**I9a, I9b, I9c** – Aproximação de passagem de nível (a colocar/installar no lado direito da faixa de rodagem).

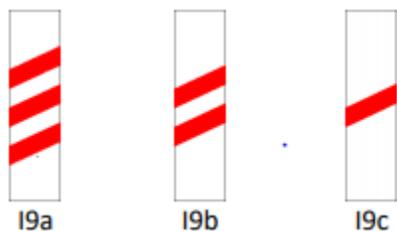


Figura 1: Sinais de pré-sinalização- faixa direita (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

**I9d, I9e e I9f** – Aproximação de passagem de nível (a colocar/instalar no lado esquerdo da faixa de rodagem).



Figura 2: Sinais de pré-sinalização- faixa direita (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

### 2.3.2. Sinais de perigo

**A26** – Passagem de nível com guarda

**A27** – Passagem de nível sem guarda

**A32a** – Local de passagem de nível sem guarda

**A32b** – Local de passagem de nível sem guarda com duas ou mais vias



Figura 3: Sinais de perigo (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

### 2.3.3. Sinais luminosos

**S8** - sinal de paragem

S9 - sinal para passagens de nível

S10 - sinal para passagens de nível

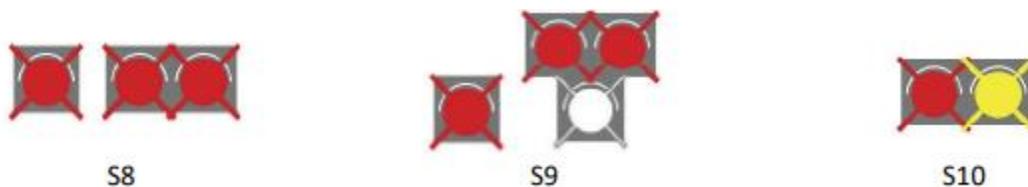


Figura 4: Sinais luminosos (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

### 2.3.4. Sinal de cedência de passagem

B2 - paragem obrigatória no cruzamento ou entroncamento (“STOP”)



Figura 5: Sinal STOP (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

### 2.3.5. Sinais de proibição ou fim de proibição

C13 – Proibição de exceder a velocidade máxima de ... km/h

C14a – Proibição de ultrapassar

C20a – Fim de todas as proibições impostas anteriormente por sinalização a veículos em marcha

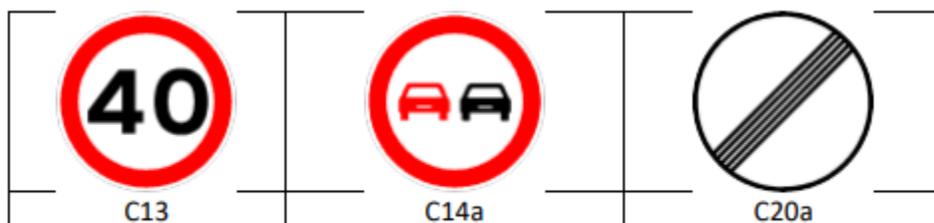


Figura 6: Sinal de proibição ou fim de proibição (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

### 2.3.6. Sinal sonoro

Sinal sonoro significa obrigatoriedade de parar.

## 2.4. Critérios de utilização e colocação da sinalização

### 2.4.1. Sinalização vertical na aproximação da PN

Deve ser aplicada a sinalização vertical na aproximação às PN, com início geral, 300 metros a montante da PN (sinais de perigo, sinais de aproximação de PN, sinais de proibição de exceder determinado limite de velocidade e sinais de proibição de ultrapassagem).

O sinal **A26** – Passagem de nível com guarda deve utilizar-se para indicar a proximidade de uma passagem de nível com cancelas ou barreiras. Deve ser aplicado a 300 metros da PN.

O **sinal A27** – Passagem de nível sem guarda é utilizado quando se pretende indicar a proximidade de uma passagem de nível sem cancelas ou barreiras, com ou sem sinalização automática. Deve ser colocado 300 metros a montante da PN.

Os sinais de perigo A26 e A27 são complementados pelos sinais de pré-sinalização I9a a I9c - Aproximação de passagem de nível e, eventualmente, I9d a I9f.

A informação sobre a proximidade à PN é dada aos condutores pelo número de barras inclinadas dos sinais I9, que representa a distância (300, 200 e 100 metros) até à PN. Cada barra corresponde, pois, a 100 metros (Figura 1). Os sinais A26, ou A27, são colocados sobre o sinal I9a, do lado direito da via. Seguir-se-ão os sinais I9b e I9c.

#### Pré-sinalização do lado direito da via rodoviária



Figura 7: Sinais de pré-sinalização de aproximação de PN com guarda (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transportes, I.P)



Figura 8: Sinais de pré-sinalização de aproximação de PN sem guarda (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transportes, I.P)

### Pré-sinalização do lado esquerdo da via rodoviária



Figura 9: Sinais de pré-sinalização de aproximação de PN com guarda (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transportes, I.P)

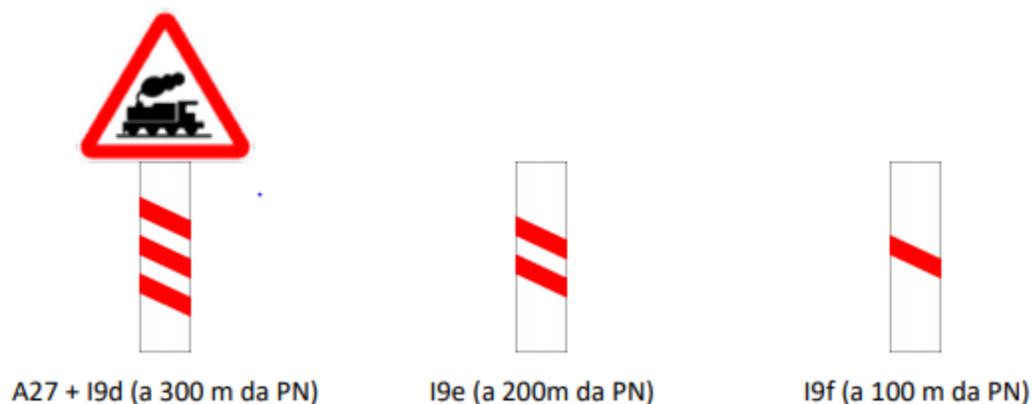


Figura 10: Sinais de pré-sinalização de aproximação de PN sem guarda (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transportes, I.P)

### Sinalização vertical para redução da velocidade

Na aproximação às PN devem ainda ser utilizados sinais C13 do RST (n.º 2 do art.º 10.º do RPN), indicando a proibição de exceder a velocidade máxima adequada a partir de determinados pontos da via rodoviária, nomeadamente em função da distância à PN, face aos eventuais perigos e necessidade de paragem dos veículos perante a PN. Sem prejuízo das necessárias adaptações no terreno, determinadas por condições locais, designadamente de visibilidade e/ou traçado, os limites de velocidade máxima deverão decrescer em intervalos de 20 km/h.

### Sinalização para proibição de ultrapassagem

Na aproximação às PN deve ser proibida a ultrapassagem, tal proibição deve ser materializada através do sinal C14a – Proibição de ultrapassar, o qual deverá ser colocado do lado direito da faixa de rodagem e repetido do lado esquerdo.

Os sinais C14a devem ser conjugados com os sinais I9b, I9c, I9e ou I9f, em função do ambiente rodoviário local e das restantes necessidades de sinalização.

#### 2.4.2. Sinalização vertical no local da PN

Após a sinalização de aproximação, já na proximidade imediata da PN, são colocados sinais de perigo e/ou sinalização luminosa.

#### Sinais de perigo

No caso das PN sem barreiras ou cancelas, junto à PN é usado o sinal A32a ou o sinal A32b.

**A32a** – Local de passagem de nível sem guarda: indica o local da passagem de nível sem cancelas ou barreiras, quando exista uma única via-férrea.



Figura 11: Sinal cruz Santo André para uma única via-férrea (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

**A32b** – Local de passagem de nível sem guarda com duas ou mais vias: indica o local da passagem de nível sem cancelas ou barreiras, quando existam duas ou mais vias férreas.



Figura 12: Sinal cruz Santo André para duas ou mais vias férreas (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

### Sinalização luminosa

Nos locais das PN podem ser colocados os sinais luminosos de luzes intermitentes S8 a S10 (apresentados no ponto 2.3), ou o sinal luminoso S1.

### Sinal sonoro

Nos locais das PN pode ser colocado o sinal sonoro, significando obrigatoriedade de parar.

#### 2.4.3. Conjuntos de sinais verticais e equipamento a aplicar nos locais das PN

Atendendo à composição dos tráfegos ferroviário e rodoviário, bem como às características das vias ferroviária e rodoviária, o RPN classifica as PN públicas nos tipos A, B, C, D e de peões.

As PN de tipo A, B e C são:

**Guarnecidas** – guarnecida e dotadas de equipamentos de comando manual.

**Não guarnecidas** – não guarnecidas, dotadas de dispositivos de segurança de comando automático.

### PN guarnecidas

As PN de tipo A, B e C guarnecidas que estejam equipadas com barreiras ou meias barreiras de comando manual a distância donde não sejam visíveis, têm os seguintes dispositivos de segurança e sinalização:

- i) Barreiras ou meias barreiras de comando manual (a distância donde não sejam visíveis);
- ii) Sinal luminoso S8 constituído por um sistema, montado em suporte único, de duas luzes circulares vermelhas, à mesma altura, orientadas no mesmo sentido e acendendo alternadamente;
- iii) Sinal sonoro.

Ou seja,



Figura 13: PN do tipo A (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

### PN não guarnecidas, com dispositivos de segurança automáticos

As PN de tipo A, B ou C não guarnecidas, com dispositivos de segurança de comando automático, são dotadas dos seguintes dispositivos de segurança e sinalização:

- i) Barreiras ou meias barreiras;
- ii) Sinal luminoso S8 constituído por um sistema, montado em suporte único, de duas luzes circulares vermelhas, à mesma altura, orientadas no mesmo sentido e acendendo alternadamente;
- iii) Sinal sonoro.

Ou seja,



Figura 14: Passagem de nível do tipo B (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transporte, I.P)

PN de tipo C com baixa utilização e não equipadas com barreiras ou meias barreiras

As PN do tipo C com baixa utilização (Tráfego Médio Diário Rodoviário < 50) e não equipadas com barreiras ou meias barreiras têm a seguinte sinalização:

- i) Sinal luminoso S9 constituído por um sistema de duas luzes circulares vermelhas, acendendo alternadamente, e por uma luz circular de cor branca lunar intermitente ou fixa;
- ii) Sinal A32a ou A32b, consoante se trate de PN (sem guarda) com uma via ferroviária, ou com duas ou mais vias ferroviárias;
- iii) Sinal sonoro.

Ou seja,

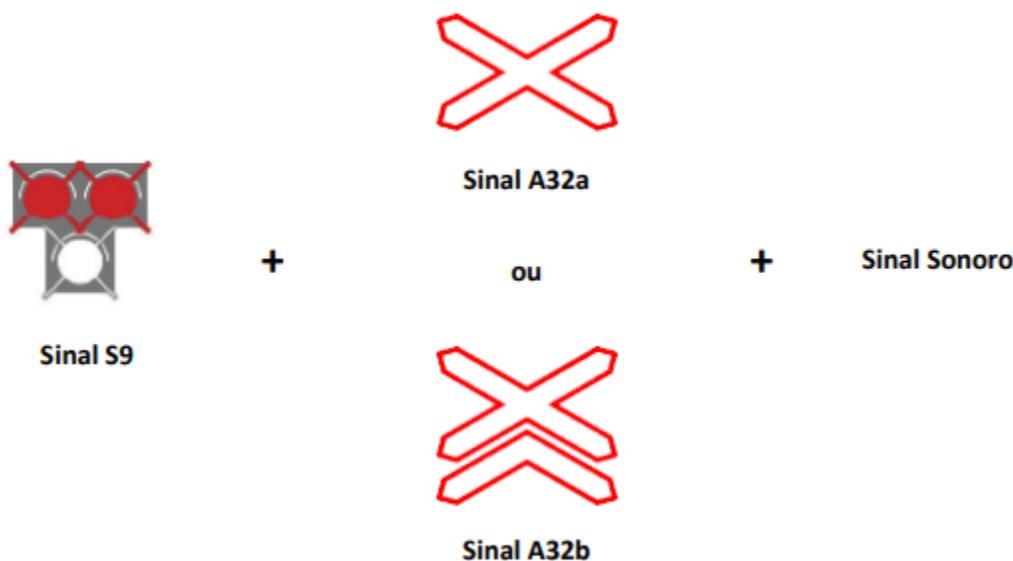


Figura 15: Passagem de nível do tipo C (Fonte: Instituto de Mobilidade e dos Transportes, I.P)

Deve, ainda, ser afixada uma tabuleta com a seguinte inscrição: “ **pare, escute e olhe**”.

### PN de tipo D

As PN do tipo D têm os seguintes sinais verticais:

- i) A32a ou A32b, consoante se trate de local de passagem de nível sem guarda de uma via, ou de duas ou mais vias, respectivamente;
- ii) B2 (“STOP”), de paragem obrigatória.



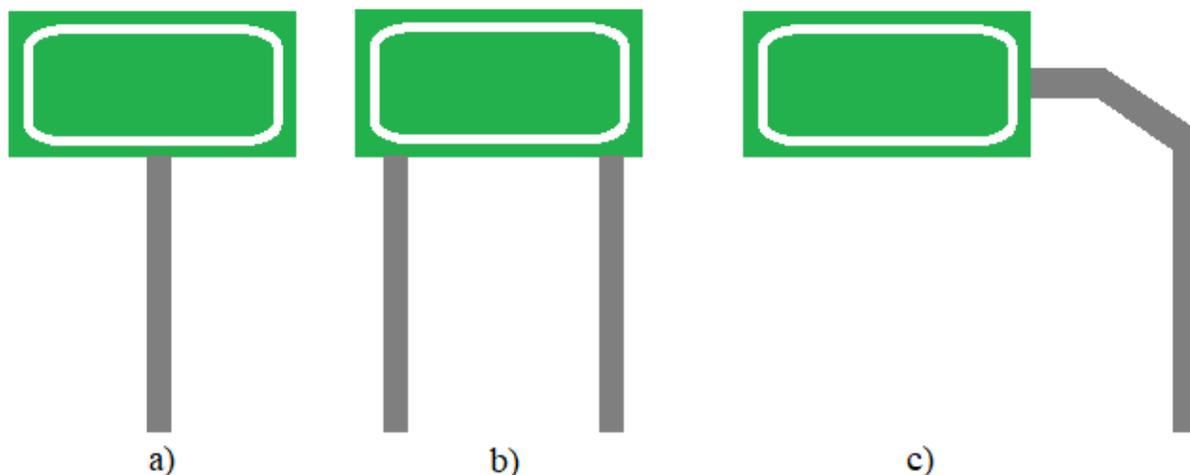


Figura 17: a) poste do tipo coluna; b) coluna dupla; c) braço projectado (Fonte: Autor)

## 2.6. Sensor

Sensor é um dispositivo capaz de detectar e responder a estímulos do ambiente, convertendo essas informações em sinais que podem ser medidos ou interpretados por um sistema electrónico ou computacional. (Bolton, W. – Mechatronics: Electronic and Electrical Engineering, 6<sup>a</sup> ed, 2015)

Existem vários tipos de sensores, classificados conforme a grandeza que detectam ou sua aplicação:

- Sensores de proximidade;
- Sensores de temperatura;
- Sensores de pressão;
- Sensores de nível;
- Sensores de velocidade;
- Sensor de luz;
- Sensor de movimento ou presença;
- Sensores de posição ou deslocamento;
- Etc.

**Sensores de proximidade** - detectam a presença ou ausência de objectos sem contacto físico.

- **Capacitivos:** detectam materiais metálicos e não metálicos.
- **Indutivos:** detectam metais.
- **Ultrassónicos:** usam ondas sonoras.
- **Ópticos (fotoeléctricos):** usam feixes de luz.

### 2.6.1. Sensor indutivo

Sensor indutivo é um tipo de sensor de proximidade que detecta exclusivamente objectos metálicos sem contacto físico. Detectam objectos por meio da alteração de um campo electromagnético gerado por uma bobina. (Rockwell Automation – Sensor Technology Handbook)

#### Princípio de funcionamento

O sensor indutivo é composto por um núcleo de ferrite envolto por uma bobina, um circuito oscilador e um circuito disparador em conjunto com um amplificador (Disparador de Schmitt).

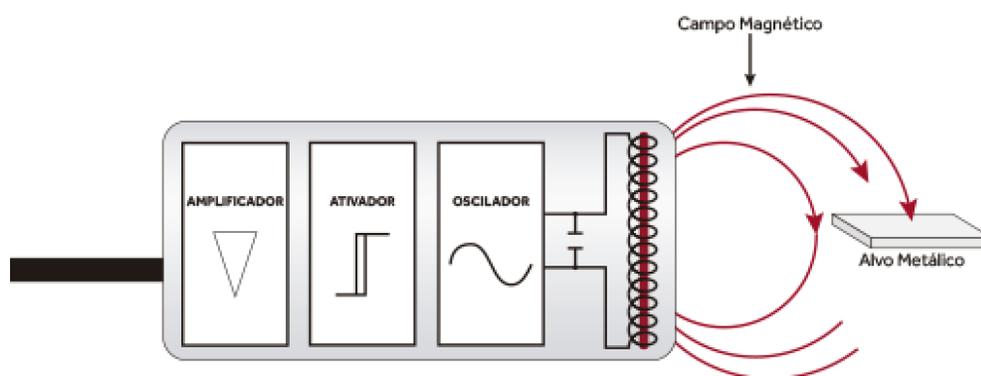


Figura 18: Sensor indutivo (Fonte: RH Materiais Eléctricos)

O princípio de funcionamento do sensor indutivo se dá a partir de um campo electromagnético variável que é gerado pelo oscilador em conjunto com a bobina na extremidade do dispositivo. Quando um material metálico penetra neste campo são induzidas pequenas correntes parasitas. Com a indução no metal ocorre uma diminuição na energia do campo e, conseqüentemente, na amplitude do sinal proveniente do oscilador. Quando este sinal se torna muito baixo o circuito de disparo percebe a mudança e altera a tensão de saída. Fornecendo uma resposta lógica, de nível alto ou baixo, que pode ser utilizada no controle do processo.

Tipos de sensores indutivos

#### Quanto à forma

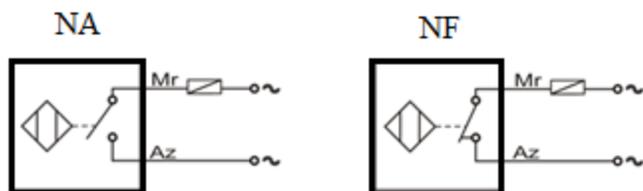
- Cilíndricos: roscados ou lisos, fáceis de instalar.
- Rectangulares: usados em locais planos.

#### Quanto à saída eléctrica

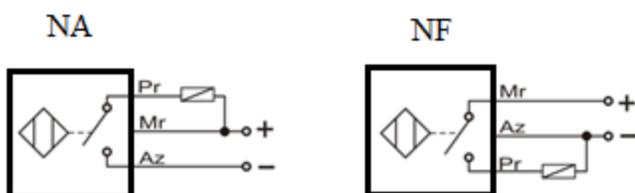
- PNP: fornece tensão positiva na saída.
- NPN: fornece sinal negativo na saída.

- 2 Fios AC
- 3 Fios DC
- 4 Fios DC

Corrente Alternada dois fios



Corrente Contínua - três fios



Corrente Contínua - quatro fios

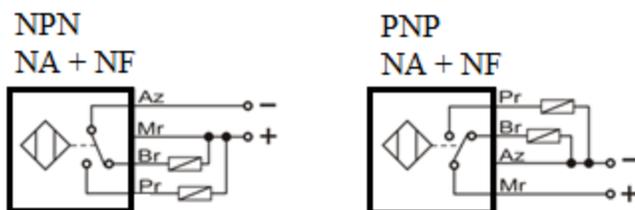


Figura 19: Saídas de um sensor indutivo (Fonte: DIGIMEC)

### 2.7.Laço indutivo

Um laço indutivo é um sensor embutido no pavimento que detecta a presença de veículos, normalmente utilizado em sistemas de controle de acesso e segurança. Ele funciona alterando um campo magnético quando um veículo passa por cima, comunicando a presença do veículo a um sistema de controle.

O laço indutivo é um fio em forma de laço, geralmente embutido no pavimento (asfalto ou concreto). Ele é conectado a um módulo detector que monitora o campo magnético.

Quando um veículo passa sobre o laço, sua massa metálica altera o campo magnético, alterando a indutância do laço. O módulo detector detecta essa mudança e informa a presença do veículo.

O laço indutivo apresenta inúmeras vantagens, tais como: detecção precisa e confiável; resistente a intempéries e ao desgaste; ajuste de sensibilidade para detecção de diferentes tipos de veículos; facilidade de instalação e integração com outros sistemas.

### Aplicação

- Controle de acesso a estacionamentos, cancelas e portões;
- Sistemas de controle de tráfego;
- Detecção de veículos para segurança e prevenção de esmagamentos;
- Contagem de veículos e objectos metálicos;



Figura 20; Laço indutivo (Fonte: Netalarmes)

#### 2.7.1. Detector de laço indutivo

Detector de laço indutivo é um dispositivo electrónico que interpreta variações na indutância de um laço instalado no pavimento, permitindo detectar a presença de veículos que interferem no campo magnético gerado (LIMA,2016).

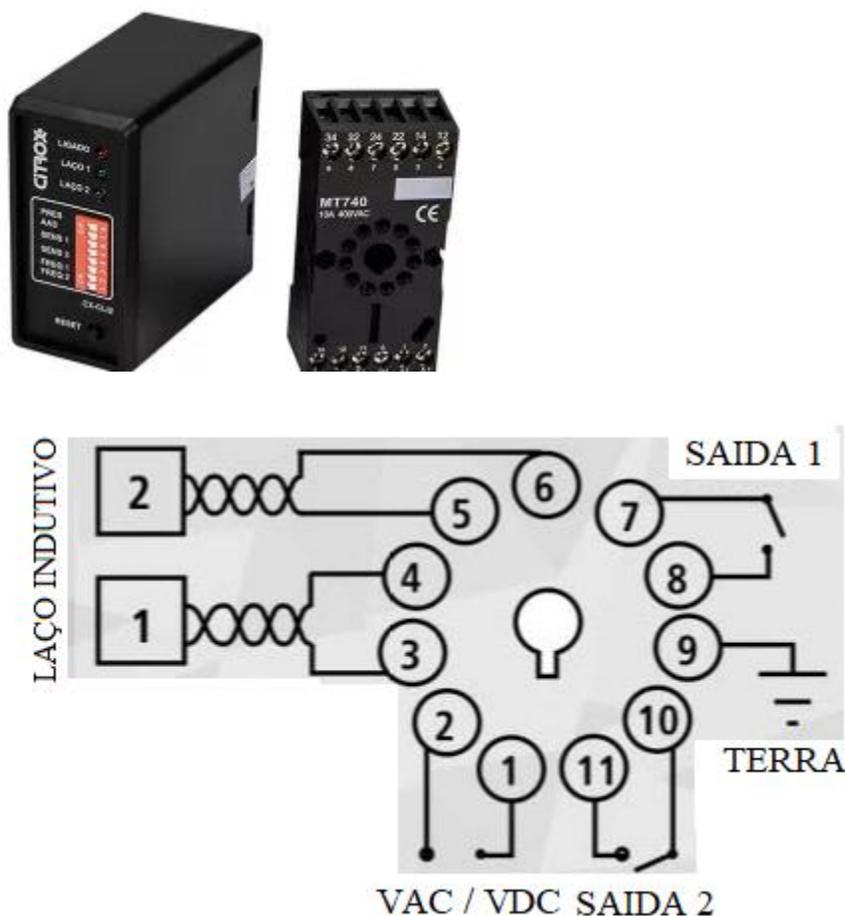


Figura 21: Detector de laço indutivo (Fonte: PPA)

## 2.8. Cancela automática

As cancelas automáticas são barreiras mecânicas controladas por sistemas electrónicos, projectadas para abrir ou fechar automaticamente, geralmente utilizadas em estacionamentos, passagens de nível e entradas restritas, aumentando a segurança e organizando o fluxo de veículos. (Oliveira e Martins, 2021, p. 82)



Figura 22: Cancela automática (Fonte: Optsis)



Figura 23: partes principais duma cancela automática (Fonte: Optsis)

## 2.9.Semáforos

Semáforo é um equipamento de controle de tráfego, composto por um ou mais focos de luzes coloridas, destinado a promover a fluidez e a segurança viária, orientando a movimentação de veículos e pedestres (DENATRAN\_SP, 2020).

**Vermelho** - Indica a proibição do direito de passagem (Obrigatoriedade do condutor parar o veículo).



Figura 24: Semáforos (Fonte: Autor)

## 2.10. Controlador lógico programável (CLP)

O controlador lógico programável (CLP) ou do inglês PLC (Programmable Logic Controller) é um equipamento electrónico dotado de software e hardware capaz de automatizar, controlar e monitorar máquinas, processos específicos ou linhas de produção.

O controle e o processamento das informações de entrada e saída do PLC são realizados de maneira sequencial, através de ciclo de varredura.

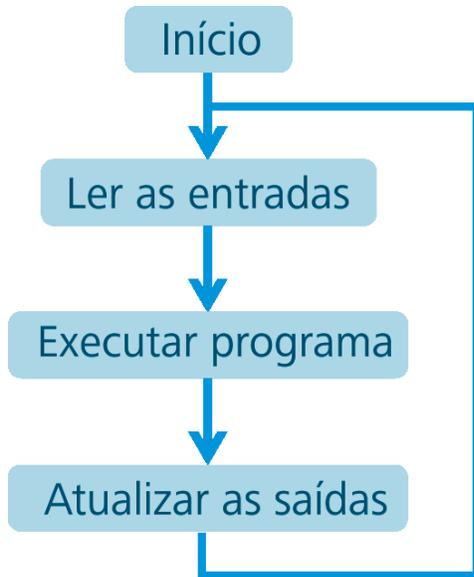


Figura 25: Ciclo de varredura dum CLP (Fonte: Siembra)

### Hardware do CLP

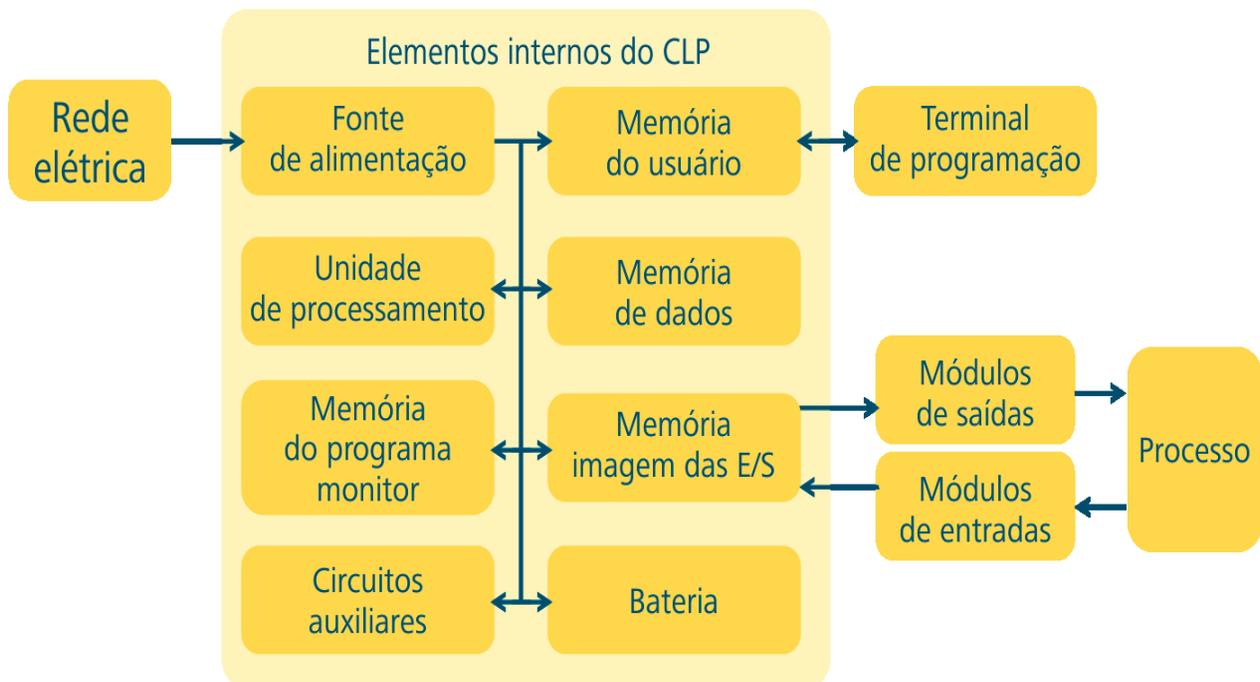


Figura 26: Estrutura interna de um CLP (Fonte: Siembra)

## Programação

Para que o *hardware* possa executar a função desejada, o CLP necessita de um programa (*software*) que informe a sequência de tarefas a serem realizadas. O programa pode ser expresso através de diferentes linguagens de programação, as quais permitem ao programador manifestar as relações entre as entradas e saídas do CLP por meio de comandos, blocos, símbolos ou figuras.

**Diagrama de contactos (Linguagem ladder)** – esta é a linguagem de programação mais utilizada em CLPs TPW03, sendo semelhante a um diagrama eléctrico. Também é conhecida como diagrama de relés, diagrama escada ou diagrama ladder.

## Comandos básicos

Tabela 1: Comandos básicos dum PLC

Tipo	Linguagem Ladder	Símbolo
Contacto NA		
Contacto NF		
Bobina		

Fonte: Autor

### 2.11. Acidente ferroviário

Acidente ferroviário é qualquer evento inesperado envolvendo um veículo ferroviário que resulta em danos materiais, ferimentos ou morte, incluindo descarrilamentos, colisões, atropelamentos e outros incidentes na via-férrea (International Union of Railways, 2019).

**Colisão:** uma colisão ocorre em acidentes em que um veículo em movimento sofre impacto do outro veículo que também estava em movimento. A colisão pode ser: frontal, lateral ou traseira.

**Choque:** diferentemente da colisão, em que ambos os veículos estariam em movimento, choque ocorre caso um deles esteja inerte. Podendo ser um objecto fixo ou móvel, mas sem movimento.

**Atropelamento:** este é definido como um acidente em que o pedestre ou animal sofre o impacto de um veículo, estando pelo menos um em movimento.

**Capotamento:** diz-se capotamento o acidente em que o veículo gira sobre si mesmo, em qualquer sentido. Chegando a ficar com rodas viradas para cima, imobilizando-se em qualquer posição.

**Descarrilamento:** é a saída não intencional de um ou mais rodados de um veículo ferroviário dos trilhos.

### 3. CAPÍTULO IV – PROJECTO

#### 3.1.Contextualização

A passagem de nível da Dona Alice está localizada no bairro ferroviário, em uma zona residencial e de tráfego moderado a intenso, especialmente durante os horários de pico. Este ponto de cruzamento é de extrema importância para os moradores locais, pois conecta áreas residenciais, comerciais e escolares. A PN pertence aos Caminhos de Ferro de Moçambique e localiza-se ao longo da linha férrea de Limpopo.

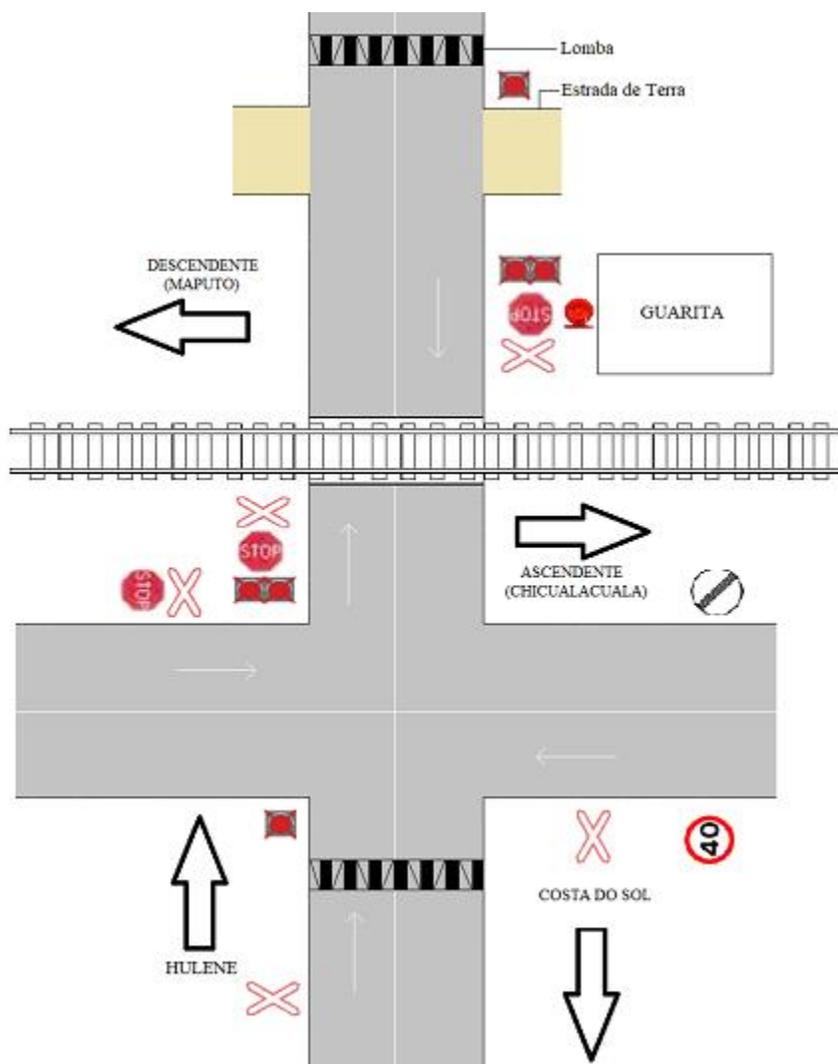


Figura 27: Modelagem da passagem de nível da Dona Alice (Fonte: Autor)

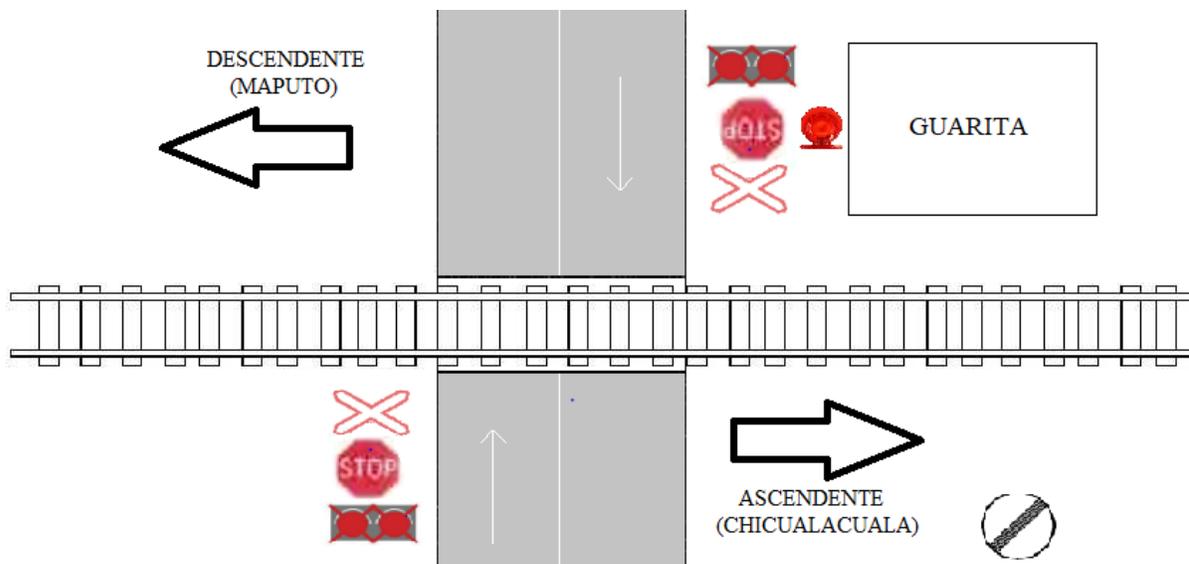


Figura 28: Modelagem reduzida da passagem de nível da Dona Alice (Fonte: Autor)

### 3.2. Análise da PN da Dona Alice

A passagem de nível (PN) da Dona Alice é actualmente classificada como uma PN do tipo C, garantida 24 horas por dia onde circulações de veículos ferroviários são acompanhadas mediante a um rádio de comunicação fixo.

A operação dos dispositivos de sinalização, como os semáforos e a sirene, é realizada por um agente responsável, denominado guarda de passagem de nível. Quanto ao seu modo de operação a PN poder classificada como passagem semiautomática ou de accionamento eléctrico.

O sistema actual não dispõe de um sistema alternativa ou de backup de fornecimento de energia para casos de corte ou interrupção no fornecimento de energia eléctrica. Em situações de falta de corrente eléctrica são utilizados os seguintes recursos manuais para o fechamento ou abertura da PN:

**Aproximação** – quando os veículos ferroviários se aproximam da PN, o agente em serviço deve levantar a bandeirola vermelha ou accionar a luz vermelha da lanterna ferroviária, a fim de alertar os usuários (peões e automobilistas) sobre o perigo iminente.

**Afastamento** – quando os veículos ferroviários se afastam da PN, o agente em serviço deve levantar a bandeirola verde ou accionar a luz verde da lanterna ferroviária, indicando aos usuários (peões e automobilistas) que o trânsito está liberado.

As bandeirolas são usadas no período diurno e a lanterna ferroviária no período nocturno. A lanterna é composta por três cores, vermelha, branca e verde.

Tabela 2: Sinais numa lanterna ferroviária

Cor	Sinal	Significado	Acção do usuário da via
Vermelho		Indica a proibição do direito de passagem	Obrigatoriedade do condutor parar o veículo.
Branco		Iluminação geral	Não aplicável
Verde		Indica a permissão do direito de passagem.	O condutor tem a permissão de iniciar ou prosseguir em marcha.

Fonte: Autor

Esta PN é de grande importância para a comunidade local, pois interliga zonas residenciais e comerciais do bairro ferroviário. No entanto, apresenta algumas anomalias que comprometem a segurança e a eficiência do tráfego ferroviário e rodoviário, tais como:

### 3.2.1. Insuficiência de sinalização

Falta de sinalização vertical adequada na aproximação à PN, dificulta a percepção dos condutores quanto à presença da passagem.



Figura 29: Sinalização em falta na PN da Dona Alice (Fonte: Autor)

### Sinalização esperada



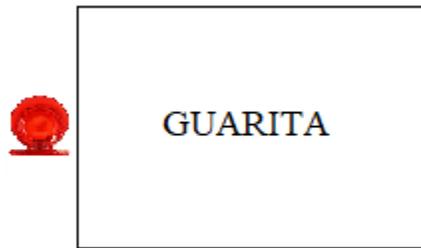


Figura 31: Sirene instalada em local impróprio (Fonte: Autor)

### Instalação esperada

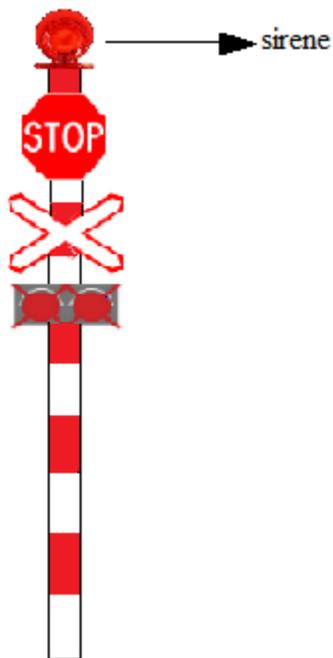


Figura 32: Proposta do local da instalação de sirene (Fonte: Autor)

### 3.2.3. Desnível entre a via ferroviária e a via rodoviária

A diferença de altura entre os trilhos e a estrada causa desconforto aos veículos e aumenta o risco de danos mecânicos, além de potencializar acidentes.



Figura 33: Desnível entre a ferrovia e a rodovia (Fonte: Autor)

Nestas condições aconselha-se a intensificação da sinalização uma vez que pode ser oneroso e complicado a alteração da configuração da estrada.

#### 3.2.4. Quadro de comando ou controle com irregularidades técnicas

O accionamento dos dispositivos de sinalização na PN da Dona Alice é feito manualmente mediante o accionamento dos disjuntores. O quadro de controle é constituído por um temporizador cíclico e dois disjuntores unipolares de 16A.

Os **disjuntores** são usados como interruptores ou botões de accionamento mediante a aproximação ou afastamento dos veículos ferroviários e o temporizador cíclico é responsável pela intermitência dos semáforos.

De acordo com as normas técnicas, os disjuntores não devem ser usados como interruptores ou botões de comando. O uso de disjuntores compromete:

A segurança operacional: disjuntores são projectados para proteger contra sobrecarga e curto-circuito, não para operação frequente como interruptores.

A durabilidade do disjuntor: o uso frequente como botão pode causar desgaste precoce do mecanismo interno do disjuntor.

A conformidade com normas: normas como a NBR 5410 (instalações eléctricas de baixa tensão) e a IEC 60947-2 (disjuntores de baixa tensão) recomendam o uso de botões de comando ou chaves seccionadores específicas para manobras.



Figura 34: Quadro de controle da PN da Dona Alice (Fonte: Autor)

Quadro de comando esperado

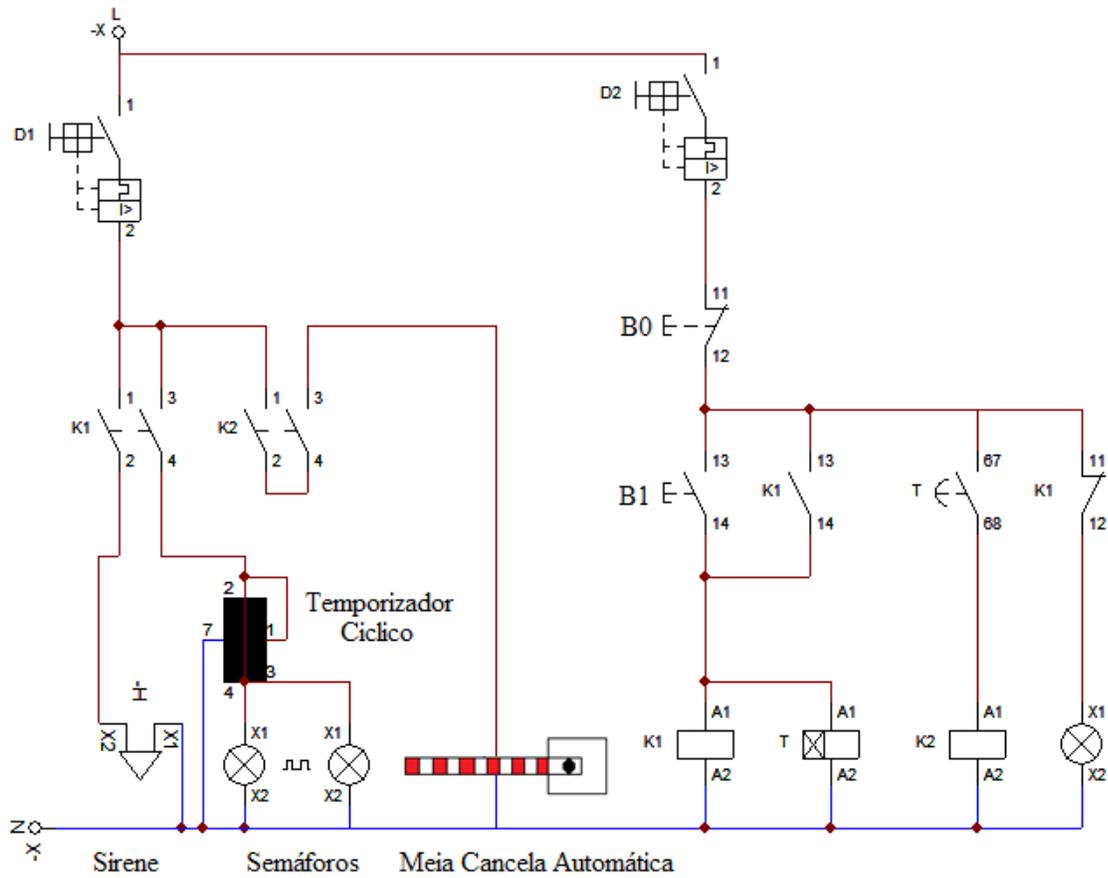


Figura 35: Esquema de comando e de potência proposto (Fonte: Autor)

### 3.3.Necessidades de um sistema automático de passagem de nível da Dona Alice

A substituição do actual sistema manual ou de accionamento eléctrico por um sistema híbrido que incorpora o sistema manual e o automático justifica-se com base em requisitos técnicos, operacionais e de segurança observados na área em estudo. Os principais factores que exigem a automatização da PN da Dona Alice são:

#### Zona de alta circulação rodoviária e pedonal

A PN está localizada numa área com grande movimento de veículos e peões, especialmente nos períodos de pico, o que aumenta o risco de acidentes em caso de falha humana no accionamento manual dos dispositivos de sinalização.

A caracterização do tráfego na PN foi obtida a partir de recolha de imagens e observação realizada durante catorze dias. Os dias da semana que se verificou maior fluxo de veículos são ilustrados na tabela abaixo.

Tabela 3: Horários de maior pico de tráfego rodoviário

<b>Dias da semana</b>	<b>Manhã</b>	<b>Tarde</b>	<b>Final da tarde</b>
2 <sup>a</sup> Feira	6:30h-10h	12h-14h	16:00h-20:00h
3 <sup>a</sup> Feira	7:30h-9h	-	16:00h-20:00h
4 <sup>a</sup> Feira	7:30h-10h	12h-14h	16:00h-19:00h
5 <sup>a</sup> Feira	7:30h-9:15h	11h-12h	16:00h-19:00h
6 <sup>a</sup> Feira	7:30h-10:10h	-	16:00h-19:00h
Sábado	-	-	14h-19:30h

Fonte: Autor

### **Instituições de ensino nas proximidades**

A presença de instituições de ensino na zona de Dona Alice eleva consideravelmente a vulnerabilidade de alunos, principalmente em horários de entrada e saída, onde a atenção ao trânsito é reduzida e o fluxo é intenso.

### **Aumento de tráfego ferroviário**

Nos últimos anos CFM tem redobrado esforços de modo a alargar estações e portos com o objectivo de importar e exportar cargas com maior flexibilidade bem como aumentar o número de circulações de comboios de passageiros.

O serviço ferroviário de passageiros entre Maputo e Chókwè foi retomado em 2 de Março de 2022, após um período de suspensão.

Em Julho de 2023, foi inaugurada uma nova automotora com capacidade para 633 passageiros, ligando a estação central de Maputo à vila de Marracuane.

A linha do Limpopo, operada pelos CFM, é uma via estratégica para o transporte ferroviário de carga, ligando o porto de Maputo ao Zimbabué. Esta linha possui uma capacidade anual de 4,7 milhões de toneladas de mercadorias.

### **Tipos de carga transportada**

- **Carvão mineral:** extraído principalmente nas regiões minerais do Zimbabué, destinado à exportação através do porto de Maputo;
- **Magnetite:** destinado à exportação;
- **Produtos Agrícolas:** açúcar, milho e algodão, provenientes das zonas agrícolas de Gaza para o consumo interno e exportação;
- **Combustível** – transportados em vagões-tanque para abastecimento de regiões interiores
- **Ferro cromo;** e
- **Melaço**

### Comboios de passageiros na linha de Limpopo

- **Maputo – Chókwè** (sábados e domingos)
- **Maputo – Manhiça** (domingo à sexta - ascendente/segunda à sábado - descendente)
- **Maputo – Chicualacuala** (quarta feira e sábado - ascendente/sexta feira e segunda-descendente)
- **Maputo – Mabalane** (comboio misto - quinzenal)
- **Maputo – Marracuane** (domingo à sexta - ascendente/segunda à sexta - descendente)

### 3.4.Descrição do projecto

O presente projecto propõe o desenvolvimento de um sistema automático de passagem de nível ferroviária, com foco na melhoria da segurança e eficiência no cruzamento ferroviário localizado no bairro ferroviário, concretamente na Dona Alice. Este sistema visa substituir a operação exclusivamente manual (accionamento eléctrico manual) actualmente utilizada, reduzindo o risco de acidentes e aumentando a confiabilidade da sinalização.

O sistema será baseado em sensores de laço indutivo, instalados em ambas as extremidades da via-férrea, para detectar a aproximação e o afastamento dos veículos ferroviários. Esses sensores estarão interligados a um PLC, responsável por coordenar as acções do sistema, como a activação dos sinais luminosos e sonoros de alerta, bem como o accionamento automático das cancelas para impedir a passagem de veículos rodoviários e pedestres durante a travessia do comboio.

Além do modo automático, o sistema contará com uma opção de operação manual (accionamento eléctrico), permitindo que técnicos da área interfiram directamente nas funções de abertura e fechamento da PN, especialmente em casos de manutenção, emergência e/ou falhas dos sensores ou sistema. Esta função garante maior flexibilidade e segurança operacional.

O projecto contempla ainda a temporização programada para garantir que as cancelas fechem com antecedência adequada e se abram apenas após a completa passagem do comboio, assegurando fluidez no tráfego e protecção aos usuários da via.

Este sistema será desenvolvido com base em normas técnicas e de segurança ferroviária, incorporando funcionalidades de redundância, diagnóstico de falhas e fácil manutenção, sendo uma solução sustentável à realidade local.

### 3.4.1. Normas

**IEC 61508** – segurança funcional de sistemas eléctricos, electrónicos e programáveis electronicamente.

**IEC 62290** – sistemas de controle ferroviário urbano.

**IEC 60204** – 1 Segurança de máquinas: equipamentos eléctricos.

**IEC 61439** – conjuntos de manobra e controle de baixa tensão.

**EN 50126** – especificações e demonstração de confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e segurança.

**EN 50128** – software para sistemas ferroviários de controle e protecção.

**EN 50129** – segurança de sistemas de sinalização ferroviária.

**ISSO 3864** – sinalização de segurança

**ISSO 7010** – símbolos gráficos para sinais de segurança.

### Regulamento ferroviário dos CFM

### 3.4.2. Componentes principais para implementação do projecto

Para implementação deste projecto de sistema automático de passagem de nível com operação manual, os componentes principais são:

- 4 Laços indutivos;
- 2 Detector de laço indutivo;
- 1 PLC;
- 2 Semáforos;

- 1 Temporizador de cíclicos;
- 1 Sirene;
- 2 Cancelas (meia cancela);
- 2 Contactores;
- 1 Relé temporizador on delay; e
- 2 Dispositivos de protecção.

### **3.5. Dimensionamento do sistema automático de passagem de nível**

#### **3.5.1. Controlador lógico programável**

##### **Critério de escolha**

Entradas digitais: mínimo 8

Saídas digitais: no mínimo 8

Alimentação 220VAC

Software: TPW03

##### **Modelo escolhido**

Para a criação do programa que irá comandar o sistema automático de passagem de nível usar-se-á software da WEG -TPW03, PLC com seguintes especificações básicas:

- Série de produto – TPW03
- Modelo – TPW03-20-MR-A
- Programa - LADDER
- Tipo – Avançado
- Entrada – X000-X013 (12 pontos/7mA)
- Saída – Y000-Y007 (8 Relés/2A)
- Alimentação – 85-264V AC
- Tamanho da memória do programa: 8K Steps

### 3.5.2. Laços indutivos e detector de laço indutivo

#### Critérios de escolha

Tempo de resposta rápido

Ajuste de sensibilidade

Saída à transístor ou relé

Tensão de alimentação 220VAC

Uso externo IP65 ou superior

Compatível com o PLC

Bobinas de fios de cobre flexível (2.5mm<sup>2</sup>)

Comprimento e largura do laço 1m x 5m

Número de voltas: 5

#### Fórmula

O número das voltas requeridas no laço é dependente do tamanho do laço, mas sempre deve-se utilizar ao menos duas voltas de fio. A indutância do laço pode ser calculada como segue:

$$L = PK \quad (\text{Equação 1})$$

$$K = \frac{(t^2+t)}{4} \quad (\text{Equação 1.1})$$

Onde:

**K** = Constante

**L** = indutância ( $\mu H$ )

**P** = perímetro (pés)

**t** = numero de voltas

Número das voltas (t)	K (constante) $K=(t^2 + t)/4$
1	0,5
2	1,5
3	3,0
4	5,0
5	7,5
6	10,5
7	14

a)

		Número das voltas						
		1	2	3	4	5	6	7
P E R Í M E T R O (m)	10	5	15	30	50	75	115	140
	20	10	30	60	100	150	230	280
	30	15	45	90	150	225	345	420
	40	20	60	120	200	300	460	560
	50	25	75	150	250	375	575	700
	60	30	90	180	300	450	690	840
	70	35	105	210	350	525	805	980
80	40	120	240	400	600	920	1120	
90	45	135	270	450	675	1035	1260	
100	50	150	300	500	750	1150	1400	

b)

Figura 36: a) constante K em função de numero de voltas do laço indutivo, b) indutância do laço indutivo em  $\mu H$  (Fonte: Siembra)

Nota que  $1ft = 0.3048m$

O laço indutivo terá a configuração rectangular com 1 metro de largura e 5 metros de comprimento.

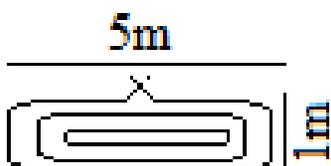


Figura 37: exemplo de configuração de um laço indutivo (Fonte: Siembra)

$$P = 2*(L+C) \tag{Equação 2}$$

$$P = 2*(1+5) m$$

$$P = 12m$$

No total será necessário um laço indutivo de 72 metros.

### Laço escolhido

**Modelo:** Proloop cable – Procon Electronics

**Tipo:** cabo de laço indutivo com isolamento duplo

**Comprimento:** 1300 metros

**Temperatura de operação:** -20°C a +70°C

**Cor do cabo:** preto

**Detector indutivo**

**Modelo escolhido**

**Modelo:** LDP2

**Saída a relé:** 2 NO

**Entradas:** 2 entradas

**Frequência de operação:** 20 – 170KHZ

**Tempo de resposta:** 10ms

**Alimentação:** 220 VAC

### **3.5.3. Sirene**

As sirenes utilizadas nos CFM são da série MS, especificamente MS\_490. Neste projecto usar-se-á o mesmo modelo.

**Modelo:** MS-490

**Potência:** 4 00W

**Frequência:** 50/60Hz

**Classe de protecção:** IP44

**Alimentação:** 220VAC

**Corrente nominal:** 1.6A

**Nível sonoro:** 140dB (alcance estimado 1.5km em ambientes urbanos)

**Tempo máximo de operação:** 3 minutos

### 3.5.4. Cancelas

#### Critérios de escolha

**Alimentação:** 220VAC

**Comprimento da haste:** 3.5m

**Ângulo de abertura:** 90°

Sistema de comando automático/Manual

Haste com pintura reflectiva (vermelho/branco)

Haste da cancela anti-esmagamento.

#### Modelo escolhido

**Modelo:** LD3513

**Alimentação:**85-264VAC

**Frequência:** 50/60Hz

**Potência:** 150W

**Tempo de fechamento/abertura:** 3s

**Temperatura de operação:** -20° a +50°

**Grau de protecção:** IP55

### 3.5.5. Temporizador on delay

**Modelo:**Finder80.01-tipo T-on

**Alimentação:** 230VAC

**Faixa de tempo ajustável:** 0.1 a 10h

**Precisão do tempo:** ±10%

**Tipo de contacto:** 1NA+1NF

**Grau de protecção:** IP40

**Temperatura de operação:** -20 a +55°

### 3.5.6. Contactor e disjuntor

#### Levantamento da potência

Tabela 4: Levantamento de carga

Descrição	Quantidade	Unidade (W)	Potência (W)
Semáforo (LED)	4	8	32
Sirene	1	400	400
Cancela	2	150	300
Total			732

Fonte: Autor

#### Corrente nominal

$$IN = \frac{P}{V \cos \theta} \quad (\text{Equação 3})$$

$$IN = \frac{732W}{220V * 0.8}$$

$$IN = 4.16A$$

#### Corrente do contactor

$$Ie \geq IN * Fs \quad (\text{Equação 4})$$

$$Ie \geq 4.16A * 1.2$$

$$Ie \geq 5A$$

Com base na corrente do contactor escolhe-se do catálogo da Schneider: **LC1D09M7**.

Tabela 5: características do contactor

Características	Detalhes	Características	Detalhes
Polos	3 Polos (3 NO)	Potência máxima	7.5HP 575/600V
Corrente AC-3	9A	Contactos auxiliares	1 NO + 1NC
Bobina	220V AC (50/60 Hz) 48mA (50Hz) / 45mA (60Hz)	Dimensões	77x45x86mm
Montagem	Trilho DIN 35mm	IP	20
Durabilidade	~ 2M ciclos eléctricos, ~15 ciclos mecânicos	Normas	IEC, UL,CSA, CCC, GL, DNV, GOST, RoHS/REACH
Peso	~0.32Kg	Potência dissipada	2.2VA/9VA

Fonte: Catálogo da Schneider

Com base na corrente e na norma técnica o disjuntor escolhido é de curva C-10A.

### 3.5.7. Semáforos

Os semáforos utilizados nos CFM são da série DX200-01,8W. Neste projecto usar-se-á o mesmo modelo. Estes semáforos são constituídos por uma caixa de protecção redonda em plástico com visor, anteparo e sinalizador led vermelho com suporte e lente difusora.



Figura 38: Componentes que constituem um semáforo (Fonte: DENATRAN)

#### Temporizador cíclico ou temporizador repetitivo

O temporizador cíclico é um temporizador que executa uma acção em intervalos regulares de tempo. Ele se reinicia automaticamente após cada ciclo, continuando a contagem até ser parado.

Nos CFM este modelo é usado no sistema de accionamento dos semáforos, este é responsável em causar intermitência nos leds dos semáforos, isto é, fazer com que os semáforos funcionem de forma intermitente.

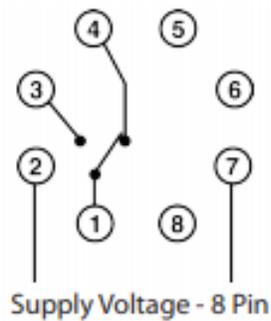


Figura 39: Temporizador cíclico (Fonte:ACDC-DYNAMICS)

**Modelo:** ACDC EP1

**Alimentação:** 230VAC

**Intervalos de tempo:** 0.1s – 10s

**Corrente máxima:** 10A

### 3.6. Programação

#### 3.6.1. Software de programação

Para a elaboração do programa que irá comandar o sistema automático de passagem de nível usar-se-á software da WEG -TPW03.

### 3.6.2. Definição das variáveis

Tabela 6: Definição das variáveis do sistema

<b>Variáveis de entrada</b>		
<b>Endereço</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Descrição</b>
X000	B0	Habilitador do sistema automático
X001	B1	Botão de emergência
X002	S1	Sensor 1 ascendente
X003	S2	Sensor 2 ascendente
X004	S3	Sensor 3 descendente
X005	S4	Sensor 4 descendente
<b>Variáveis auxiliares ou internas</b>		
M0	-	Bobina
M1	-	Bobina
M2	-	Bobina
M3	-	Bobina
T0	-	Temporizador
T1	-	Temporizador
T2	-	Temporizador
T3	-	Temporizador
END	-	Fim do programa
<b>Variáveis de saída</b>		
Y000	-	Sinalizador do sistema
Y001	C1	Cancelas 1
Y002	C2	Cancela 2
Y003	SF	Semáforos
Y004	SR	Sirene
Y005	-	Sinalizador ascendente
Y006	-	Sinalizador descendente

Fonte: Autor

### 3.6.3. Diagrama de bloco

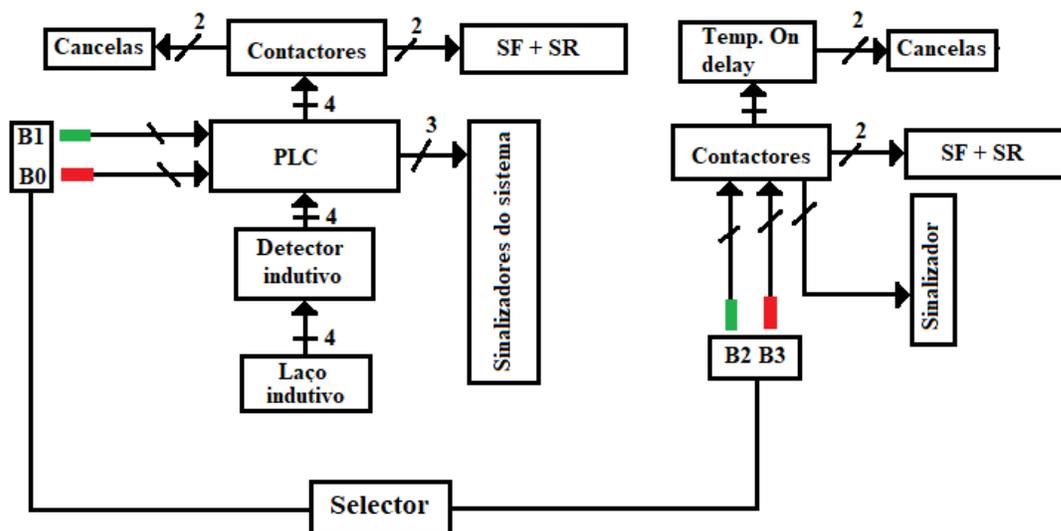


Figura 40: Diagrama de bloco do sistema automático de PN com operação manual (Fonte: Autor)

### 3.6.4. Programa do sistema automático de passagem de nível

Activação do sistema do sistema automática de passagem de nível

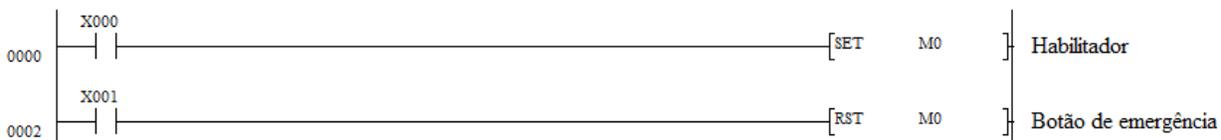


Figura 41: Sistema de habilitação (Fonte: Autor)

### Monitoramento dos sensores

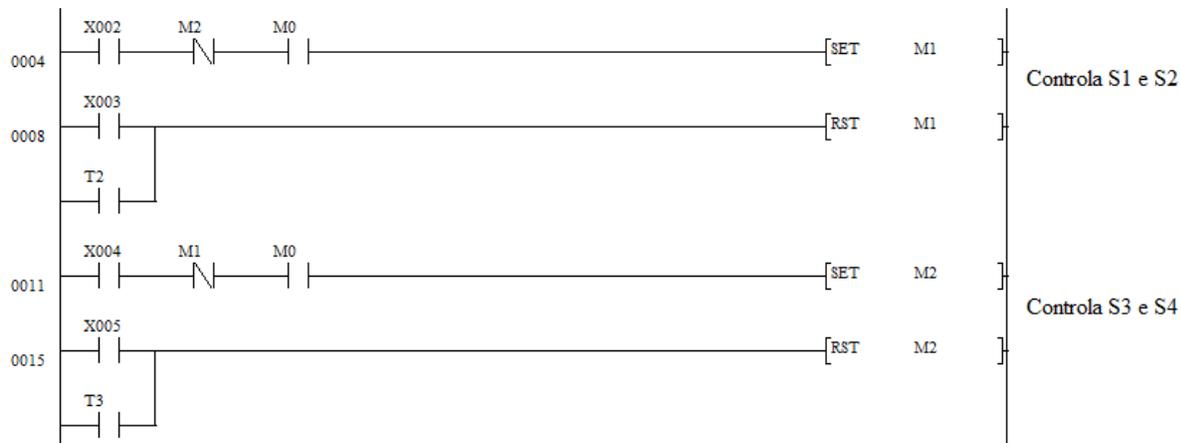


Figura 42: Sistema de monitoramento (Fonte: Autor)

### Activação dos actuadores do sistema

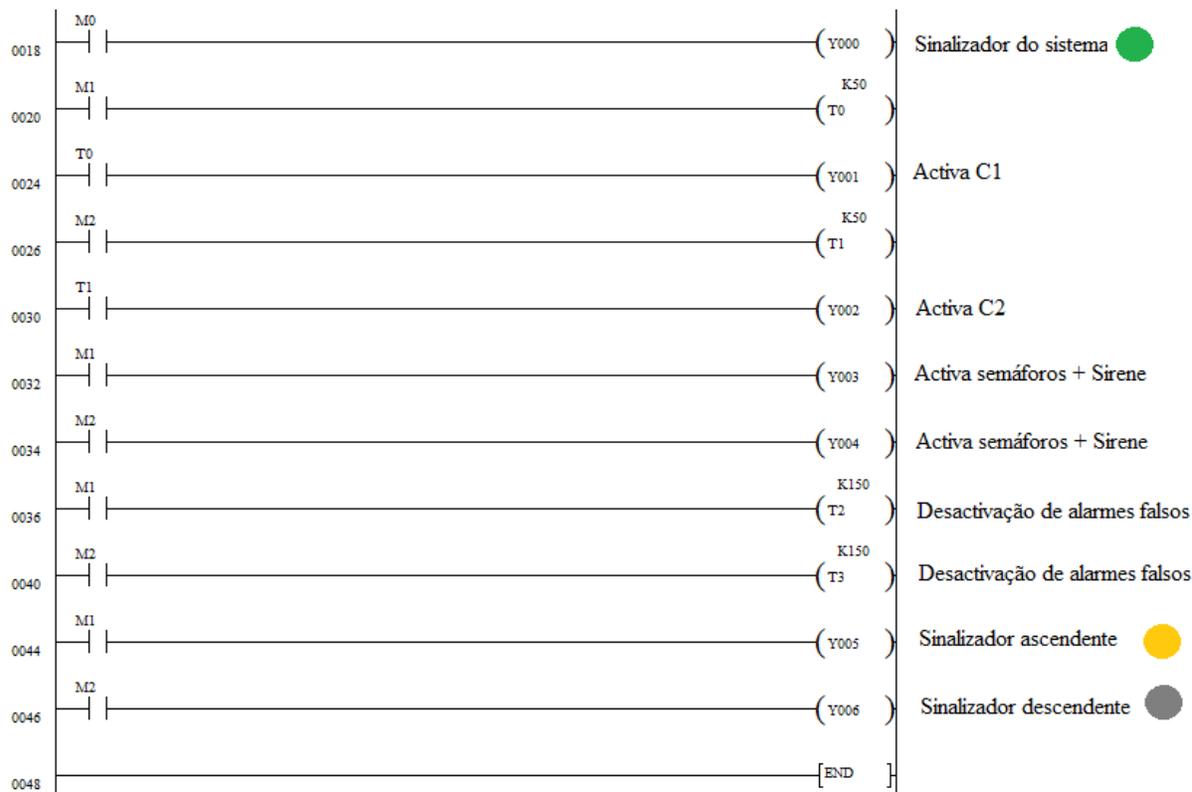


Figura 43: Sistema de activação das saídas (Fonte: Autor)

### 3.7.Bloco do sistema automático de passagem de nível

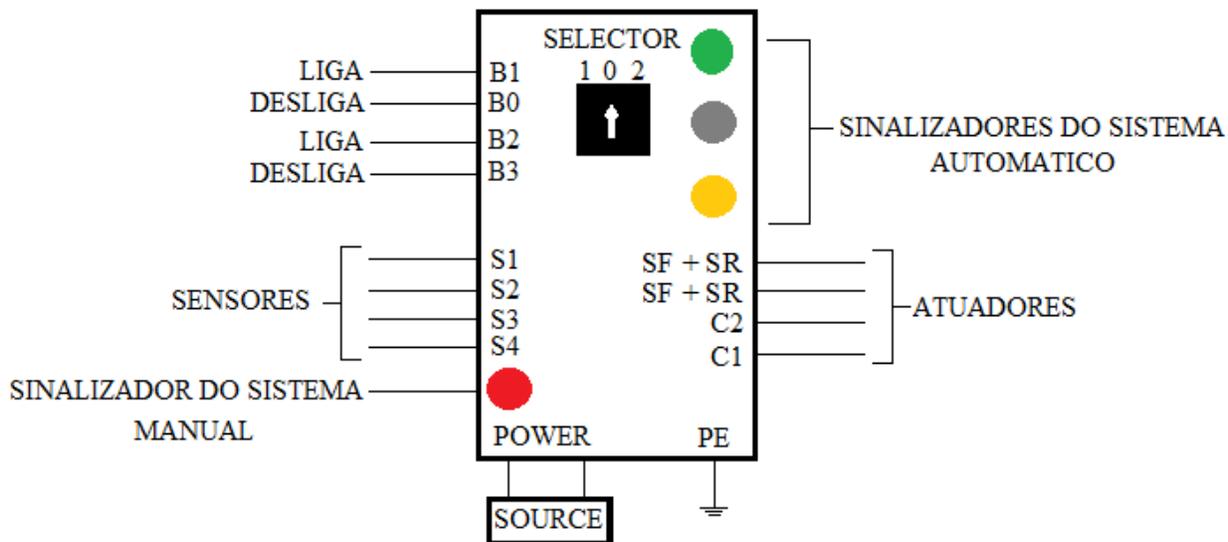


Figura 44: Bloco do sistema automático de PN (Fonte: Autor)

3.8.Ligações do autómato – sistema automático

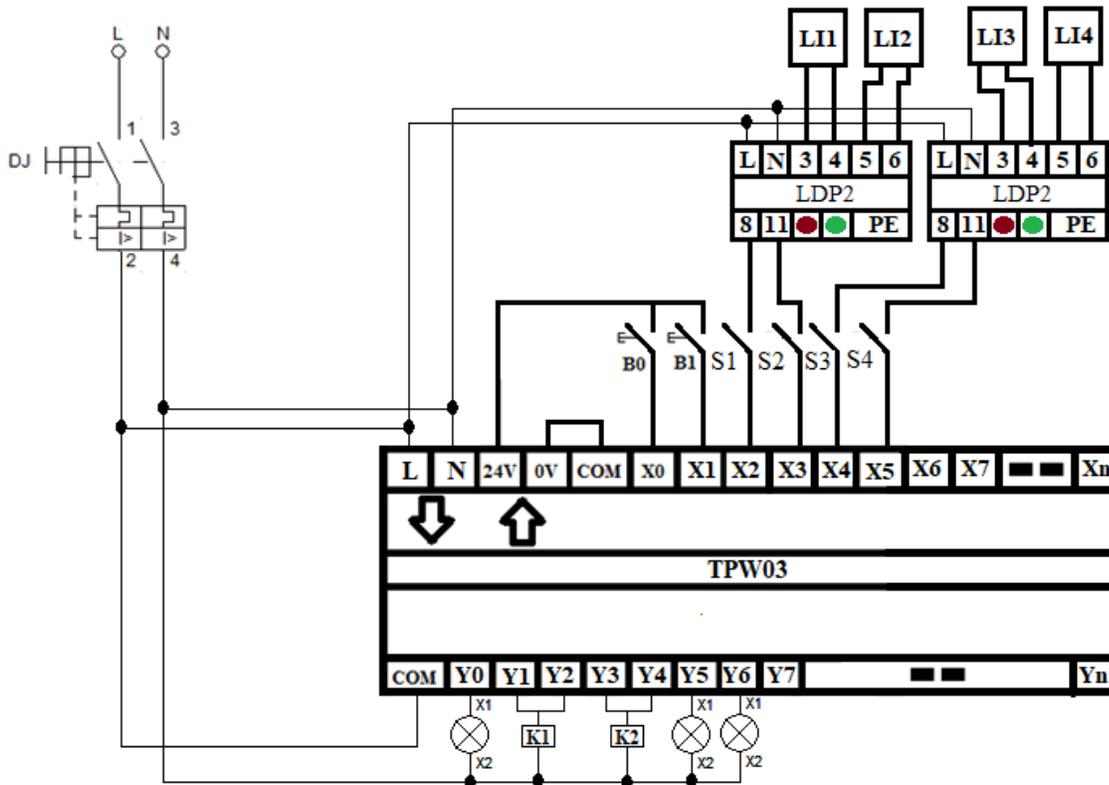


Figura 45: Ligação do autómato (Fonte: Autor)

### 3.9. Diagrama eléctrico – sistema manual

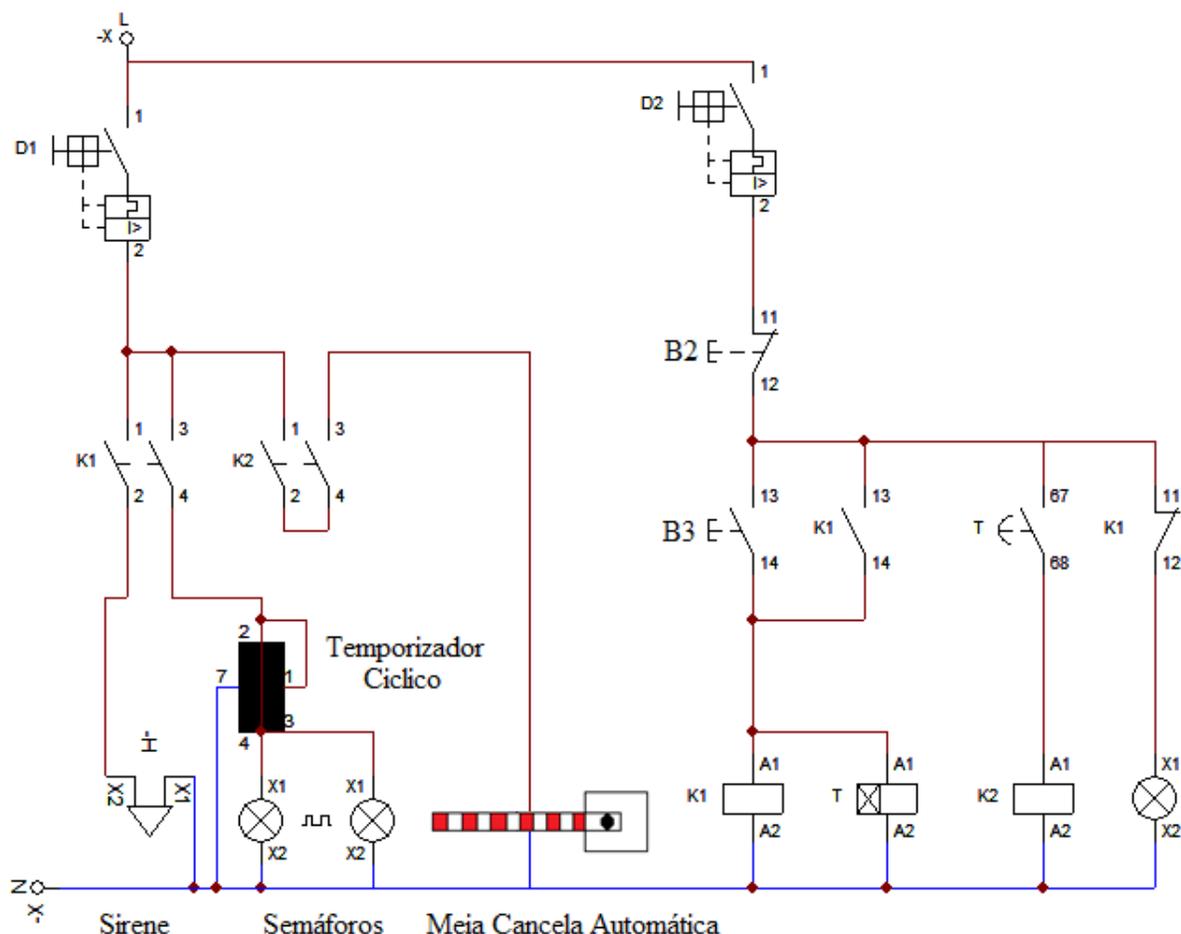


Figura 46: Sistema manual de PN (Fonte: Autor)

### 3.10. Posicionamento e instalação dos laços indutivos

Os laços indutivos serão instalados no meio dos trilhos, sobre uma camada pavimentada à uma profundidade de 5cm, à 500 metros da passagem de nível.

A estimativa da distância a instalar os sensores foi baseada nas seguintes análises:

- Velocidade máxima permitida na linha de Limpopo;
- Tipo de tráfego rodoviário;
- A localização da PN;

Velocidade máxima e mínima recomendada 60KM/H (16.7m/s) e 30KM/H (8.3m/s).

Tempo mínimo recomendado 30s.

**Fórmula**

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (\text{Equação 5})$$

$$\Delta s = v * \Delta t \quad (\text{Equação 5.1})$$

$$\Delta s = 16.7 * 30$$

$$\Delta s = 501\text{m}$$

Distância para instalação dos sensores 500m.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{501}{8.3}$$

$$\Delta t = 60.4\text{s}$$

Com base na velocidade mínima dos veículos ferroviários, escolher-se-á o tempo de desactivação do sistema automático para casos alarmes falsos.

$$T_d = \Delta t * 1.3 \quad (\text{Equação 5.2})$$

$$T_d = 60.4\text{s} * 1.3$$

$$T_d = 78.52$$

$$T_d = 90\text{s}$$

Os laços indutivos serão instalados entre os carris sobre a área pavimentada à uma profundidade de 5cm. A pavimentação tem como finalidade proporcionar protecção mecânica ao cabo do laço, minimizando os efeitos de vibrações e impactos. Após a instalação a canaleta dever ser preenchida com resina epóxi, garantindo isolamento adequando ao sensor e prevenindo a infiltração de água e outros agentes externos

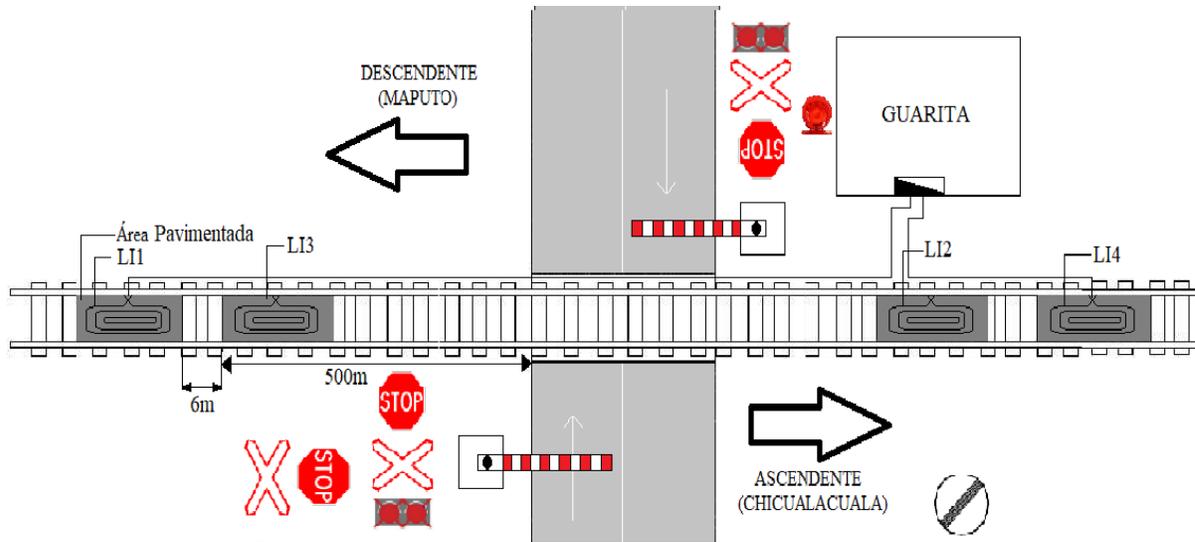


Figura 47: posicionamento de laços indutivos e cancelas (Fonte: Autor)

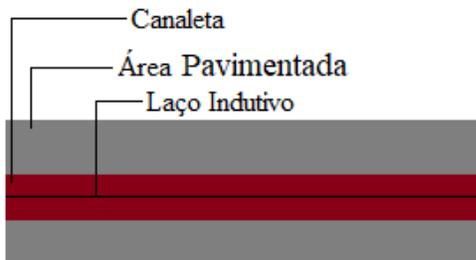


Figura 48: Exemplo de como deve ser a montagem dos laços indutivos(Fonte: Autor)

### 3.11. Quadro de comando

#### Critério de escolha do quadro

**Montagem:** exterior

**Porta frontal:** fechadura com chave

**Grau de protecção:** IP54 (mínimo)

**Material do quadro:** Aço pintado epóxi ou outro produto anticorrosivo

**Dimensões mínimas:** 600mm x 500 x 250mm

#### Quadro escolhido

**Montagem:** exterior

**Porta frontal:** fechadura com chave

**Grau de protecção:** IP55

**Material do quadro:** Aço carbono com pintura epóxi

**Dimensões mínimas:** 600mm x 500 x 250mm



Figura 49: Quadro de comando da marca NEMA (Fonte: Autor)

### 3.11.1. Montagem frontal do quadro do comando

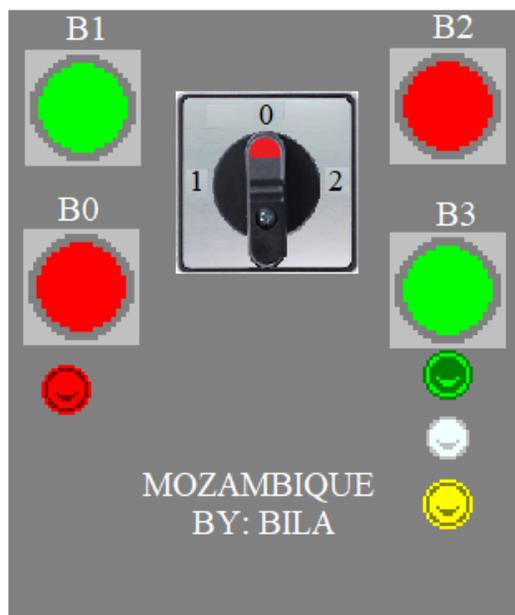


Figura 50: proposta da vista frontal do quadro de comando (Fonte: Autor)

#### 4. CAPÍTULO V – ESTIMATIVA DE CUSTO

##### 4.1. Estimativa de custo do quadro de comando

Tabela 7: Estimativa de custo de quadro de comando do sistema

ORD	DESCRIÇÃO	QTD	UNID	PREÇO	TOTAL
1	Detector indutivo	2	UN	8000	16000
2	Contactora	2	UN	1200	2400
3	Temporizador on delay	1	UN	1200	1200
4	Botoeira de emergência	1	UN	1000	1000
5	Botoeira NA verde	2	UN	300	600
6	Botoeira NF vermelha	2	UN	300	600
7	Selector de três posições	1	UN	800	800
8	Sinalizador verde	1	UN	350	350
9	Sinalizador vermelho	1	UN	350	350
10	Sinalizadora cinza	1	UN	350	350
11	Sinalizador amarelo	1	UN	350	350
12	Fio multifilar 1.5mm <sup>2</sup>	5	UN	30	150
13	Disjuntor 6A	1	UN	129.39	129.39
14	Disjuntor 10A	1	UN	129.39	129.39
15	Temporizador cíclico	1	UN	1654.95	1654.95
16	Base de temporizador cíclico	1	UN	441.35	441.35
17	Quadro da NEMA 24M	1	UN	12800	12800
18	PLC TPW03-30MR-A	1	UN	10000	10000
19	Diversos	-	UN	4000	4000
<b>Total 1</b>	<b>53 177.68</b>				

Fonte: Autor

#### 4.2. Estimativa de custo de materiais principais

Tabela 8: Estimativa de custo de materiais principais

ORD	DESCRIÇÃO	QTD	UNID	PREÇO	TOTAL
1	Laço indutivo	50	UN	2100	105000
2	Cancela (Meia barreira)	2	UN	192000	384000
3	Anteparo	2	UN	6376.06	12752.12
3	Led vermelho road traffic	4	UN	7100.90	28403,60
4	Sirene	1	UN	101959.20	101959.20
<b>Total 2</b>	<b>632 114.95 MZN</b>				

Fonte: Autor

Transporte de material e de todo material adicional corresponderá a 10%.

**Estimativa total** = (Total 1 + Total 2) \*1.10

**Estimativa total** = 585292.63 \*1.1

**Estimativa total** = **643 821.943MZN**

## 5. CAPÍTULO VI – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1. CONCLUSÃO

A proposta de um sistema automático de passagem de nível, utilizando sensores indutivos e controlador lógico programável (PLC), demonstra-se uma solução eficaz para aumentar a segurança e a eficiência no cruzamento da Dona Alice, no ferroviário.

O projecto proposto visa a eliminar a dependência de operação manual, reduzindo a probabilidade de falha humana e proporcionando uma resposta automática e precisa à aproximação de comboios.

Através da análise técnica, da escolha adequada de sensores, da definição de ciclos de funcionamento e da simulação em ambiente virtual, comprovou-se a viabilidade da solução. O sistema garante o fechamento das cancelas, sinalização visual e sonora com antecedência suficiente, permitindo uma travessia segura de veículos e peões.

Este projecto contribui directamente para modernização do sistema de controle dos CFM, oferecendo uma alternativa sustentável, de baixo custo e elevada confiabilidade. A sua implementação poderá servir de base para replicação em outras passagens de nível não automatizadas do país como por exemplo a passagem de nível de Beluluane – Mozal terminal.

## 5.2.RECOMENDAÇÕES

Para melhor implementação deste projecto, algumas recomendações são importantes para garantir um funcionamento eficiente e seguro.

**Fonte de energia backup** - instalar uma fonte de energia de emergência, como baterias ou geradores, para garantir que o sistema continue funcionando durante interrupções no fornecimento de energia eléctrica. Isso aumenta a confiabilidade e a segurança no cruzamento.

**Manutenção preventiva** – implementar um plano de manutenção preventiva, incluindo inspecções regulares dos componentes do sistema e conexões eléctricas. Isso ajuda a identificar e corrigir problemas antes que afectem o funcionamento do sistema.

**Avaliar e testar ciclos de tempo regularmente** – analisar periodicamente os ciclos de tempo para garantir que estejam alinhados com fluxo actual do tráfego. Realizar ajustes, se necessários para adaptar-se a mudanças no volume de veículos.

**Aterramento eléctrico** – aterrar todos elementos metálicos quem podem transferir energia para pessoas.

**Protecções eléctricas** – proteger o sistema contra sobrecarga e curto-circuitos.

**Quadro de Controle** – Deve ser resistente a intempéries se o sistema for instalado em área externa. Deve acomodar e proteger todos os componentes do sistema.

### 5.3.BIBLIOGRAFIA

- CFM – Caminhos de Ferro de Moçambique. Disponível em: <https://www.cfm.co.mz>
- CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (2020) – Manual Técnico de Segurança em Passagens de Nível.
- Ferreira, J. M. (2017) – Sistemas de controle automático. Lisboa: IST Press.
- ISO 3864-1:2016 – Normas internacionais para sinalização de segurança em transporte ferroviário.
- Mendes, P. A. (2019) – Automação de sistemas ferroviários: Fundamentos e aplicações. São Paulo: Ed. Ciência Moderna.
- NBR 14096:1998 – Sistema de segurança em passagens de nível ferroviárias – Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
- OpenRailwayMap.org – Plataforma aberta para análise de infraestrutura ferroviária.
- Revista Ferrovia (2023) – Tendências em automação ferroviária e controle de tráfego. Edição nº 32.
- Siemens (2021) – Manual do TIA Portal e programação com PLC S7-1200.
- Silva, R. L. (2020) – Projetos de automação industrial com CLP. Rio de Janeiro: LTC.
- Smartec (2022) – Soluções de sensoriamento para aplicações ferroviárias. Disponível em: [www.smartec.com.br](http://www.smartec.com.br)

# **ANEXOS**

## ANEXO 1. Passagem de nível da Dona Alice



Figura A1-1: visão geral da passagem de nível da Dona Alice

## ANEXO 2. Sinalização rodoviária - Passagem de nível da Dona Alice



Figura A2-2: passagem de nível da Dona Alice – Sinalização rodoviária

### ANEXO 3. Exemplo de ligação do laço indutivo ao detector de laço indutivo

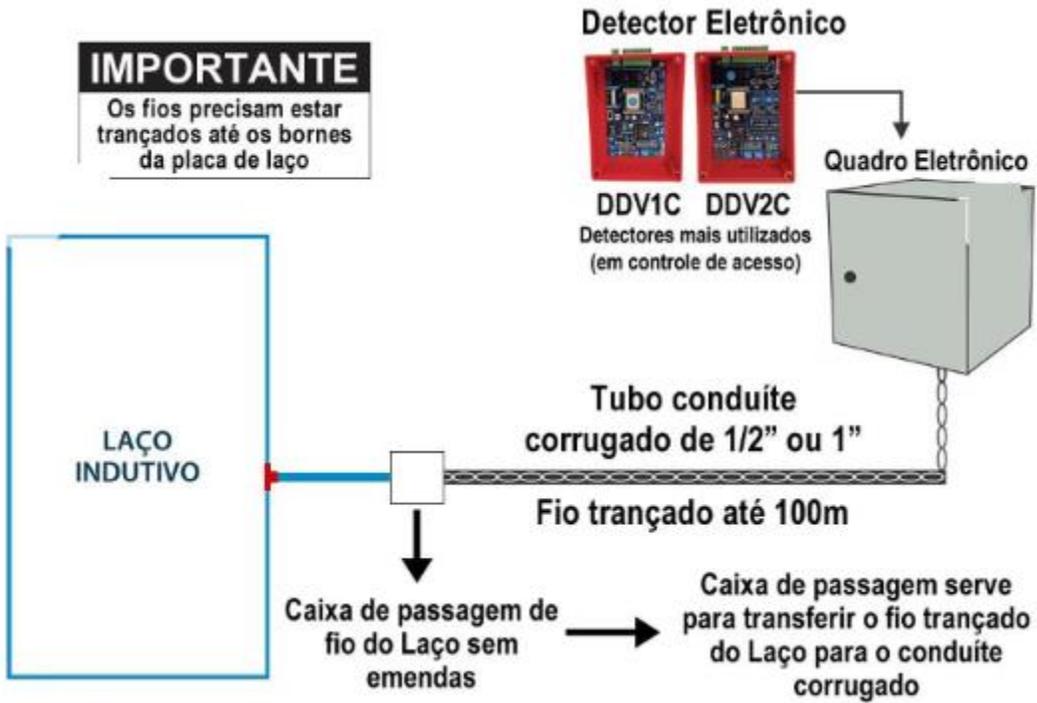


Figura A3-3: ligação do laço indutivo ao detector de laço indutivo

#### ANEXO 4. Sinalização mais usada nas PNs

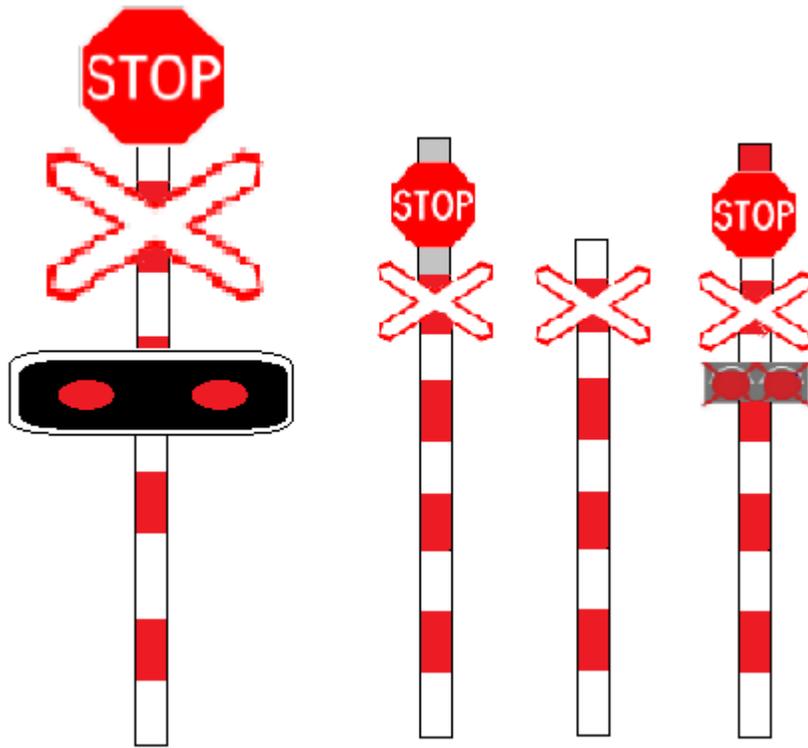


Figura A4-4: poste do tipo coluna e sinalização mais frequente acoplada

## ANEXO 5. Cotação



**Volt Electrica Lda**  
 Matola: Av Uniao Africana, N 759a  
 Email: comercial@volt.co.mz  
 Tel: +258 84 312 8900 +258 84 311 6794  
 Maputo: Av 24 de Julho, N 2831  
 Email: comercial.maputo@volt.co.mz  
 Tel: +258 84 301 1848  
 Pemba: Av Alberto Joaquim Chipande N 7  
 Email: comercial.pemba@volt.co.mz  
 Tel: +258 84 560 1832 / +258 84 560 0898

**COTAÇÃO**  
 VOLT NUIT: 400293831  
 Numero: GU-000045396  
 Data: 19-May-25  
 Pagina: 1  
 Referencia: porto  
 Valido ate: 26-May-25  
 Account: POR002

NUIT : 400293831  
 Cotação para:  
 PORTOS E CAMINHOS DE FERRO DE MOZAMBIQUE, E.P.  
 AV. DA NAMAACHA N730766, R/C  
 MATOLA  
 Mozambique

30 Dias a partir da factura

**Standard Bank - MZM**  
 Conta : 118-668669100-4  
 NIB : 000301180668669100417

**BCI - MZM**  
 Conta : 4182397610001  
 NIB : 000800004182397610180

Vendedor: Stelvia

Item	Descricao	Qde	Unid	Preço unid	Desc %	Total
MZ-PHB-R Loja: MAT	HOUSING. ROUND, PLASTIC C/W METAL VISOR	16	EA	6,376.06	0.00	102,016.96
MZ-DX200-01 Loja: MAT	230VAC 8W RED LED TRAFFIC LIGHT TRANSPARENT LENS.	22	EA	7,100.90	0.00	156,219.80
MZ-1500S 230V Loja: MAT	SIREN 1500M 230VAC IP45	5	EA	101,959.20	0.00	509,796.00
MZ-EP1 60S 230VAC Loja: MAT	TIMER EQUAL REPEATING 1C/O	5	EA	1,654.95	0.00	8,274.75
MZ-BUV Loja: MAT	BASE 11-PIN (OVAL) IP20	5	EA	441.35	0.00	2,206.75

<b>Subtotal:</b>	M 778,514.26
<b>Discount:</b>	M 0.00
<b>Delivery:</b>	M 0.00
<b>VAT:</b>	M 124,562.28
<b>Total</b>	<b>M 903,076.54</b>

Processado por Computador  
 Devolucoes apos 10 (dez) dias

19-May-25 9:20:52  
 Powered by Palladium Software (Pty) Ltd® - ©2015 (www.palladium.co.za)

Figura A5-5: cotação dos actuadores

## ANEXO 6: Catálogo de contactor da Schneider



**Obs.:**  
A Tabela de Conversão de Referências da série D2 para TeSys na página 66.

CONTADORES TRIPOLARES - CORRENTE ALTERNADA COM CONEXÃO POR PARAFUSO				Por referência						
	Corrente (A) AC3	Corrente (A) AC1	IPI a incluir: 5%	Tensões usuais (1)						
				24	48	110	220	380	440	
LC1 D09** (3)	9	25	133,11	B7	E7	F7	M7	Q7	R7	
D12** (3)	12	25	145,12	D	D	D	D	D	D	
D18** (3)	18	32	155,19	S	D	D	D	D	D	
D25** (3)	25	40	191,12	D	D	D	D	D	D	
D32** (3)	32	50	305,53	D	D	D	D	D	D	
D38** (3)	38	50	356,85	D	D	D	D	Q	Q	
D40A** (2) (4)	40	60	419,71	D	D	D	D	D	D	
D50A** (2) (4)	50	80	531,22	D	D	D	D	D	M	
D65A** (2) (4)	65	80	781,54	D	D	D	D	M	F2	
D80** (4)	80	125	1.112,54	D	D	D	D	M	M	
D95**	95	125	1.355,71	D	M	D	D	M	M	
D115**	115	200	1.626,06	G	M	D	D	G	M	
D150**	150	200	2.173,17	M	M	D	D	M	M2	

Corrente alternada													
Volts ~	24	42	48	110	115	220	230	240	380	400	415	440	500
LC1D09...D150 (para os contactores D115 e D150 bobinas com antiparasita incorporado)	B7	D7	E7	F7	FE7	M7	P7	U7	Q7	V7	N7	R7	-

(1) Para prazo de outras tensões, consultar nosso Call Center 0800 7289 110 / (11) 3468-5791.  
 (2) Com conexão de potência Everlink.  
 (3) Embalagem opcional contendo 20 peças.  
 (4) Embalagem opcional contendo 10 peças.  
 (\*) Contactores de baixo consumo.

Figura A6-6: Contactor da Schneider LC1D09M7



## FICHA DE DADOS

Código: LE-419200

DISJUNTOR **LE-419200** MONOFÁSICO 10 A TIPO C LEGRAND

Disjuntor magnetotérmico com curva C e corrente nominal de 10A. O disjuntor LE-419200 é concebido para montagem na calha DIN TS-35.

Os disjuntores magnetotérmicos com curva C são concebidos para a protecção contra curto-circuitos e sobrecargas das instalações em que são utilizados os dispositivos com alta corrente de partida (motores, transformadores).

Tipo de dispositivo:	Disjuntor, Monofásico
Corrente nominal:	10 A
Número de pólos:	1
Curva de disparo:	Tipo C
Poder nominal de corte em curto-circuito:	6000 A
Tensão nominal:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 230 V AC / 50 Hz</li> <li>• 400 V AC / 50 Hz</li> </ul>
Tipo de conectores:	terminais de parafuso
Caixa:	Plástico, montagem na calha DIN, TS-35
Largura em módulos de 17.5 mm:	1
Peso:	0.124 kg
Dimensões:	83 x 74 x 17.5 mm
Fabricante / Marca:	LEGRAND
Garantia:	2 anos



Figura: A7-7: Características de disjuntor

## ANEXO 8: Operação manual

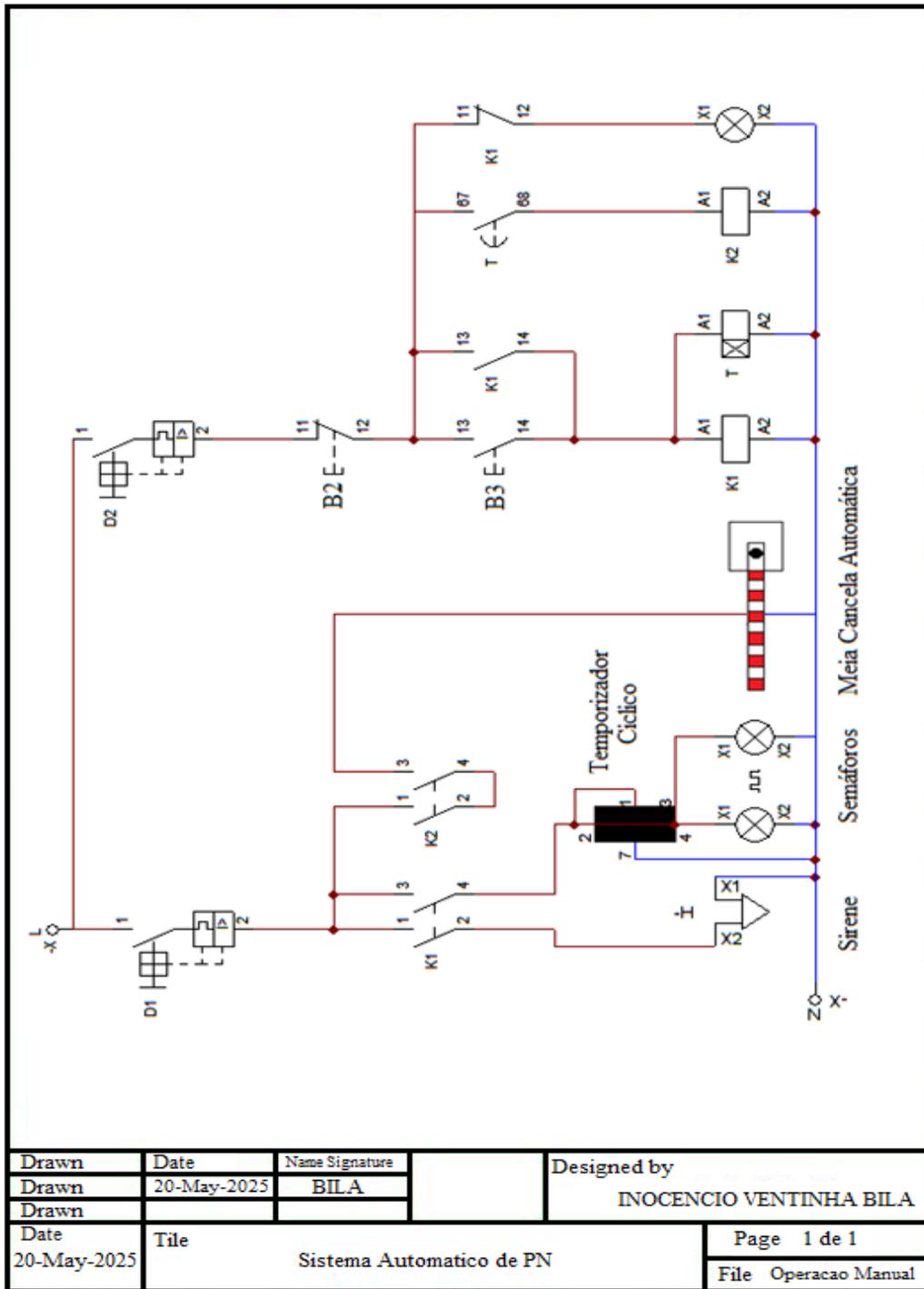


Figura A8-8: diagrama eléctrico de operação manual

## ANEXO 9: Ligação do autómato

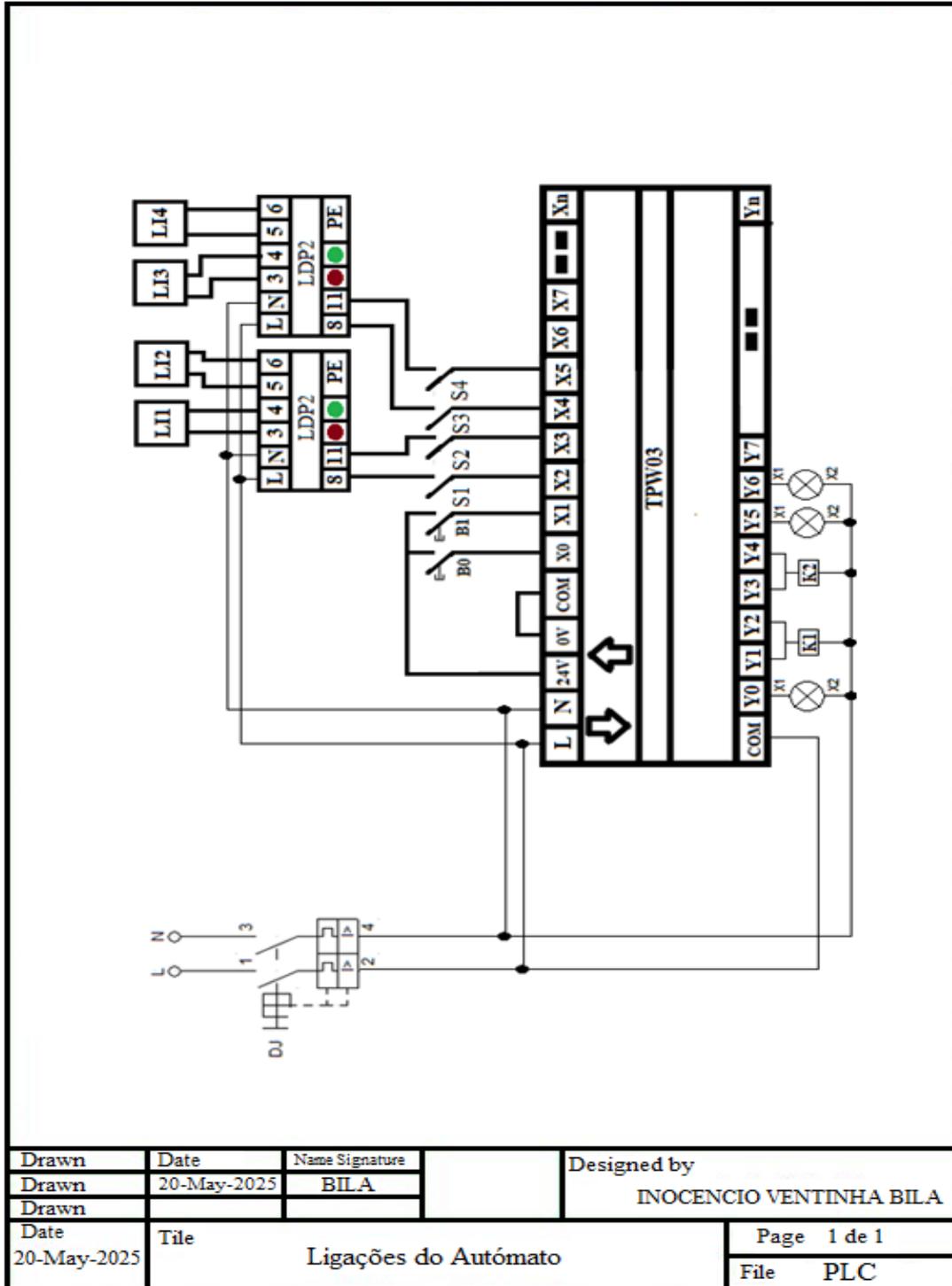


Figura A9-9: diagrama eléctrico de operação automática

## ANEXO 10: Acta de encontros

Tabela A10.1-10: Acta de encontros (Fonte: Regulamento de culminação de estudos nos cursos de engenharia, agosto de 2009)



### FACULDADE DE ENGENHARIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA ACTA DE ENCONTROS

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPPL01
----------------------------	--------------

<b>Data:</b>	17/02/2025
--------------	------------

#### 1. AGENDA:

Apresentação do termo de atribuição de tema
---

#### 2. PRESENÇAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co- Supervisor	
Estudante	Inocêncio Ventinha Bila
Outros	

#### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Melhoramento do título do tema
Enriquecimento de objectivos específicos
Melhoramento de metodologia de estudo

#### 5. RECOMENDAÇÕES

A metodologia deve estar alinhada com a natureza do tema.
---

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	03-04-2025
-----------------------------	------------

## ANEXO 10: Acta de encontros

Tabela A10.1-11: Acta de encontros (Fonte: Regulamento de culminação de estudos nos cursos de engenharia, agosto de 2009)



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**ACTA DE ENCONTROS**

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPPL01
----------------------------	--------------

<b>Data:</b>	17/02/2025
--------------	------------

### 1. AGENDA:

Apresentação do termo de atribuição de tema
---

### 2. PRESENÇAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co- Supervisor	
Estudante	Inocêncio Ventinha Bila
Outros	

### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Análise dos dados colhidos no local de estudo
Debate dos pontos chaves do projecto

### 5. RECOMENDAÇÕES

Melhorar e aprofundar a análise do sistema actual de Passagem de nível.
---

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	23-04-2025
-----------------------------	------------

## ANEXO 10: Acta de encontros

Tabela A10.1-12: Acta de encontros (Fonte: Regulamento de culminação de estudos nos cursos de engenharia, agosto de 2009)



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**ACTA DE ENCONTROS**

<b>REFERÊNCIA DO TEMA:</b>	2025ELEPPL01
----------------------------	--------------

<b>Data:</b>	17/02/2025
--------------	------------

### 1. AGENDA:

Apresentação do termo de atribuição de tema
---

### 2. PRESENÇAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co- Supervisor	
Estudante	Inocêncio Ventinha Bila
Outros	

### 3. RESUMO DO ENCONTRO

Análise do projecto no geral
------------------------------

### 5. RECOMENDAÇÕES

Organizar o relatório
-----------------------

<b>6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO</b>	21-05-2025
------------------------------------	------------

## Anexo 15: Relatório de progresso

Tabela A15: Relatório de progresso (Fonte: Regulamento de culminação de estudos nos cursos de engenharia, agosto de 2009)



### FACULDADE DE ENGENHARIA

### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### RELATORIO DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA	2025ELEPPL01	Data	17/02/2025
--------------------	--------------	------	------------

ACTV	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	31-03-2025	80	Melhorar a metodologia	
	03-04-2025	60	Melhorar os objectivos específicos	
2	23-04-2025	50	Melhorar e aprofundar a análise do sistema actual de Passagem de nível.	
3	21-05-2025	80	Melhorar o dimensionamento do sistema automática.	
	03-06-2025	100	Organização geral do relatório.	
4				
5				

## Anexo 16: Guia de avaliação da apresentação oral e defesa (pelo júri)

Tabela A16: Guia de avaliação da apresentação oral e defesa (pelo júri) (Fonte: Regulamento de culminação de estudos nos cursos de engenharia, agosto de 2009)

### FACULDADE DE ENGENHARIA

#### DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA **F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: Inocência Ventinha Bila

Referência do tema: 2025ELEPPL01 Data: 17/02/2025

Título do tema: **Proposta de um sistema automático de passagem de nível para o bairro ferroviário (passagem de nível da Dona Alice)**

<b>1. Introdução</b>											
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Secção 1 subtotal (max: 10)</b>											
<b>2. Organização e explanação</b>											
2.1. Objetivos	1	2	3								
2.3. Metodologia	1	2	3	4							
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8			
<b>Secção 2 subtotal (max: 25)</b>											
<b>3. Estilo da apresentação</b>											
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5						
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5						
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5						
<b>Secção 3 subtotal (max: 15)</b>											
<b>4. Defesa</b>											
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Secção 3 subtotal (max: 50)</b>											
<b>Total de pontos (max: 100)</b>						<b>Nota (=Total*0,2)</b>					

## Anexo 17: Ficha de avaliação global

Tabela A17: Ficha de avaliação global (Fonte: Regulamento de culminação de estudos nos cursos de engenharia, agosto de 2009)



### FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

### F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Inocêncio Ventinha Bila  
Referência do tema: 2025ELEPPL01      Data: 17/02/2025

Título do tema: Proposta de um sistema automático de passagem de nível para o bairro ferroviário (passagem de nível da Dona Alice)

Membros do júri	Assinatura
Membro 1 (O presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL <math>=(N1 \cdot A + N2 \cdot B) / 100</math></b>	
--	--

Maputo, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025

# CFM

PORTOS E CAMINHOS DE FERRO DE MOÇAMBIQUE, E.P.

GUIA N.º 232/SRH.DA/2025

Vai apresentar-se ao **SMREA**

O Senhor (a):

- ✓ **Inocêncio Ventinha Bila** do curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica

A fim de aí estagiar por um período de Noventa (90) dias, por ter sido autorizado, a luz do despacho do Exmo Senhor Chefe de Serviço de Recursos Humanos, datada de 17/03/2025.....

**N.B: Em caso de acidente, o estagiário será assistido pelos CFM, por ser colaborador da empresa, sem descorar o facto de que o estudante deverá apresentar EPI's para realização do estágio.**

.....Maputo, 18 de Março de 2025.....

.....O CHEFE DO SERVIÇO DE RECURSOS HUMANOS.....

..........  
.....**Fernando André Nhumaio**.....



## Direcção Executiva CFM - Sul

### SERVIÇO DE RECURSOS HUMANOS

À

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

MAPUTO =

N/Ref.º n.º 1038/312.2/SRH.DA/2025

DATA:10/07/2025

ASSUNTO: ENVIO DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO

Pelo presente junto se envia o relatório de estágio, do estudante **Inocêncio Ventinha Bila**, estudante do curso de **Engenharia Eléctrica**, decorrido durante Noventa (90) dias, no período de 18/03/2025 à 18/06/2025 no **Serviço de Manutenção da Rede Eléctrica e Água** da Direcção Executiva-Sul.

  
O CHEFE DO SERVIÇO DE RECURSOS HUMANOS

(Fernando André Nhumajo)



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
Curso de Engenharia Eléctrica

**TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL01	Data:	17/02/2025
---------------------	--------------	-------	------------

1. TÍTULO DO TEMA

**Proposta de um sistema automático de passagem de nível para o bairro Ferroviário (passagem de nível da Dona Aliete – CFM-SUL).**

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

**2.1. Contextualização**

Passagem de nível é um cruzamento entre a via ferroviária e a via rodoviária ao mesmo nível, onde os veículos ferroviários têm sempre prioridade.

As passagens de nível são pontos críticos na interacção entre vias férreas e rodoviárias, exigindo medidas eficientes de controle para garantir a segurança dos veículos e pedestres.

Tradicionalmente, esses cruzamentos podem ser operados manualmente ou de forma automática.

Actualmente todas passagens de níveis em Moçambique operam no modo manual, necessitando da intervenção humana para o seu funcionamento, isto é, o controle é feito por operadores designados guardas de passagem de nível que accionam sinais sonoros (sirene), barreiras (cancelas) e sinais luminosos (semáforos) ou desactivam conforme a aproximação ou afastamento dos veículos ferroviários. Esse modelo, apesar de ser funcional apresenta desafios como falhas humanas: distrações, atrasos no accionamento dos dispositivos de segurança e

dificuldades na operação em dias de maior fluxo ferroviários (fadiga).

Diante desta situação, propõe-se o desenvolvimento de um sistema automático de passagem de nível que opere em modo híbrido (automático e manual), permitindo maior eficiência na gestão do tráfego e maior segurança para todos os usuários.

## **2.2. Formulação do Problema**

Actualmente, o sistema manual utilizado nas passagens de nível nos Caminhos de Ferro de Moçambique (CFM) apresenta algumas limitações tais como: dependência exclusiva da acção do guarda de passagem de nível, possibilidade de atrasos ou falhas humanas na operação, aumentando o risco de ocorrência de acidente, dificuldade na sincronização entre a chegada dos veículos ferroviários e o accionamento dos dispositivos de segurança na passagem de nível, necessidade de um sistema alternativo e eficiente para garantir o funcionamento da passagem de nível em caso de falha operacional ou ausência de operadores.

Diante desses desafios, surge a necessidade de modernizar o sistema de controle das passagens de nível, integrando um modo automático que reduz a dependência humana e garanta maior confiabilidade no accionamento dos dispositivos de segurança, mantendo ao mesmo tempo, a opção de operação manual para situações específicas.

Como minimizar os riscos de acidentes nas passagens de nível?

## **2.3. Justificativa**

A implementação de um sistema híbrido de passagem de nível justifica-se pela necessidade de modernizar a infra-estrutura ferroviária em Moçambique, aumentando a segurança das circulações ferroviárias e reduzindo os riscos de acidentes. O sistema híbrido proporciona maior flexibilidade operacional, permite um controle mais eficiente e melhora a segurança para automobilistas, pedestres, veículos e operadores dos veículos ferroviários.



## **2.4. Objectivos**

### **2.4.1. Objectivos Geral**

- Propor um sistema automático de passagem de nível para o bairro Ferroviário (passagem de nível da Dona Alice – CFM-SUL).

### **2.4.2. Objectivos específicos**

- Analisar o sistema actual de passagem de nível da Dona Alice;
- Fazer levantamento das necessidades de um sistema automático na passagem de nível da Dona Alice;
- Dimensionar o sistema automático de passagem de nível;
- Fazer estimativa de custo do sistema automático de passagem de nível.

## **2.5. Metodologia**

Para a realização deste trabalho recorrer-se-á as seguintes metodologia:

**Revisão bibliográfica** – realizar uma revisão de literatura existente sobre sistemas de controle incluindo artigos científicos, normas técnicas e relatórios de projectos relacionados. Estudar as normas locais, nacionais e internacionais que regulam a instalação de passagem de nível, critérios de sinalização, requisitos de segurança e padrões de engenharia.

**Estudo quantitativo** – colectar dados mensuráveis para avaliar a eficiência do sistema em termos de tempo de resposta, custo e desempenho. Medir o tempo de resposta dos sensores e actuadores durante a detenção dos veículos ferroviários e o acionamento dos sinais e barreiras bem como realizar cálculos para estimar o custo do sistema.

**Estudo qualitativo** – compreender os aspectos não mensuráveis de projecto, como análise de requisitos de segurança, eficiência e a percepção dos usuários do sistema.

Realizar entrevista com especialista ou responsáveis pela gestão do tráfego ferroviário para

identificar necessidades e melhorar o design do sistema. Este método consistirá em consultar aos técnicos e aos engenheiros especializados na área, com objectivo de obter informações sobre o caso em estudo.

**Estudo exploratório** – servirá para obtenção de informações preliminares sobre tecnologias, regulamentos e desafios antes de definir a solução final.

Analisar os diferentes tipos de sensores usados para detecção de veículos ferroviários (indutivos, ópticos, etc.), escolher os actuadores mais adequados (semáforos, cancelas e alarmes sonoros) e comparar plataformas de controlos.

**Estudo experimental** – realizar teste de simulação utilizando software como AutoCAD, TPW03, CadeSimu, para avaliar a resposta do sistema aos diferentes cenários de tráfego e presença de veículos ferroviários e rodoviários.

Avaliar o desempenho do sistema em situação de falha, como a perda de sinal de um sensor ou falha no PLC.

- **Simulação e testes**

Verificar o funcionamento do sistema com base nos softwares de simulação.

- **Ferramentas**

TPW03 – para programar o PLC e controlar o sistema de acordo com os sensores e actuadores.

CadeSimu – para simular a operação do sistema automático de passagem de nível que será programado no TPW03.

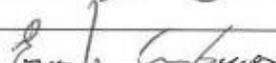
AutoCAD – para criação do layout do cruzamento e posicionamento dos sensores e actuadores.

Paint – para criar diagramas e fluxogramas de funcionamento.

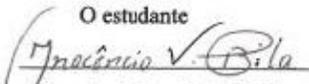
### **3. LOCAL DE REALIZAÇÃO**

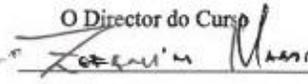
Caminhos de Ferro de Moçambique (CFM)

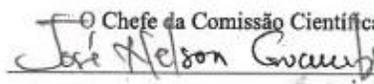
#### 4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Mestre Fernando Chachaia, eng <sup>o</sup>	
Co-supervisor		
Da Instituição	Eng <sup>o</sup> Ernesto Cumbana	

Maputo, 31 de Março de 2025

O estudante  
  
(Inocêncio Ventinha Bila)

O Director do Curso  
  
(Eng<sup>o</sup>. Zefanias José Mabote)  
09.04.25

O Chefe da Comissão Científica  
  
(Mestre José Nelson Guambi, eng<sup>o</sup>.)



**UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
Curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica

**PLANO DE ACTIVIDADES DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL01	Data:	17/02/2025
---------------------	--------------	-------	------------

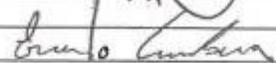
**TÍTULO DO TEMA**

**Proposta de um sistema automático de passagem de nível para o bairro Ferroviário (passagem de nível da Dona Alice – CFM-SUL).**

#	Actividade	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	OBS
1	Escolha e pesquisa do tema	■				
2	Levantamento bibliográfico	■				
3	Escolha de instrumentos de recolha de dados	■	■			
4	Pesquisa de campo		■	■		
5	Redacção da revisão bibliográfica		■	■		
6	Análise e dados			■	■	
7	Discussão de resultados			■	■	
8	Redacção da análise de dados e discussão dos resultados			■	■	
9	Redacção das conclusões e referências bibliográficas			■	■	
10	Revisão e redacção final				■	
11	Submissão do relatório final				■	

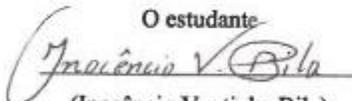
Observações:

**SUPERVISORES**

	Nome	Assinatura
Da UEM	Mestre Fernando Chachaia, engº	
Co-supervisor		
Da Instituição	Engº Ernesto Cumbana	

Maputo, 04 de Abril de 2025

O estudante

  
(Inocêncio Ventinha Bila)

