



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA GESTÃO DE AVARIAS
NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS ESTRADAS GERIDAS PELA REVIMO, SA.**

AUTORA:

UTUI, Britt Nicole de Rogério

SUPERVISOR:

Eng.º Zefanias Mabote

Maputo, junho de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA GESTÃO DE AVARIAS
NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS ESTRADAS GERIDAS PELA REVIMO, SA.**

AUTORA:

UTUI, Britt Nicole de Rogério

SUPERVISOR:

Eng.º Zefanias Mabote

Maputo, junho de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

CURSO: ENGENHARIA ELÉTRICA - LABORAL

TERMO DE ENTREGA DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que a estudante Britt Nicole de Rogério Utui entregou no dia __/06/2024 as 3 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com referência: 2024ELTLD09, intitulado: Proposta De Um Sistema Automatizado Para Gestão De Avarias Na Iluminação Pública Nas Estradas Geridas Pela REVIMO, SA.

Maputo, 23 de junho de 2024

A chefe da Secretaria



AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho de licenciatura representa a concretização de um sonho e a superação de inúmeros desafios ao longo do meu percurso acadêmico. Para isso, muitas pessoas foram fundamentais, e é com imensa gratidão que expresso meus sinceros agradecimentos.

Primeiramente, agradeço a Deus, cuja presença constante me deu força, conhecimento e habilidades ao longo de todo o curso.

Aos meus pais, Rogério e Irene Uthui, que foram pilares fundamentais nesta jornada. Obrigada por estarem sempre presentes, oferecendo conselhos, motivação e ajuda incondicional, especialmente nos momentos mais difíceis. A vossa orientação foi crucial para o meu sucesso acadêmico.

Às minhas irmãs, Nádia, Yara, Érika e Wendy, pela união e ajuda constantes. A vossa presença trouxe-me alegria e força para continuar, e a vossa cooperação foi inestimável em todos os momentos.

Ao meu namorado, Simão Mucavele Junior, pelo suporte emocional inabalável. A tua paciência, compreensão e encorajamento foram essenciais para que eu pudesse manter a calma e a determinação durante este percurso.

Aos meus colegas de curso, pela entajuda e apoio contínuos. Os momentos de estudo em grupo e a troca de conhecimentos foram fundamentais para o nosso crescimento coletivo e individual.

Ao meu supervisor, Eng. Zefanias Mabote, expresso minha profunda gratidão pela orientação exemplar. Não apenas cumpriu o seu papel de supervisor de forma excecional, mas também instruiu sobre diversos aspetos do mundo do trabalho. A sua dedicação em ensinar ética profissional e o cumprimento das regras foi uma inspiração constante. A sua orientação foi crucial para a realização deste trabalho e para a minha formação como profissional.

A todos, o meu muito obrigada. Este trabalho é um reflexo do apoio e dedicação de todos vocês. A minha conquista é, sem dúvida, a nossa conquista.

RESUMO

O presente trabalho propôs o desenvolvimento de um sistema de gestão de iluminação pública utilizando tecnologias inovadoras, como a placa computacional Raspberry Pi e o software CODESYS. O sistema foi projetado para automatizar o controle e monitoramento das luminárias instaladas nas estradas geridas pela REVIMO, SA, especificamente no trecho que liga a zona da Marginal à Marracuene, ajustando dinamicamente a intensidade da iluminação de acordo com as condições de tráfego e horário. Embora não tenham sido realizados testes práticos devido a limitações de acesso à tecnologia, os testes de simulação demonstraram o funcionamento satisfatório da lógica de controle desenvolvida. Destaca-se ainda a eficiência do sistema supervisor ScadaBR, que permitiu uma visualização abrangente e em tempo real do funcionamento do sistema. Além disso, estima-se uma redução significativa de cerca de 40% nos custos operacionais, evidenciando o impacto positivo do sistema na eficiência energética e na gestão financeira dos recursos municipais. Em suma, o sistema proposto representa um importante avanço na modernização e eficiência dos serviços urbanos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das cidades.

PALAVRAS-CHAVE: Iluminação pública, gestão de avarias, automação, placa computacional, segurança pública, eficiência energética.

ABSTRACT

This study proposed the development of a public lighting management system using innovative technologies, such as the Raspberry Pi computing board and CODESYS software. The system was designed to automate the control and monitoring of streetlights along roads managed by REVIMO, SA, specifically on the section connecting the Marginal area to Marracuene, dynamically adjusting the lighting intensity according to traffic conditions and time of day. Although practical tests were not conducted due to limited access to the necessary technology, simulation tests demonstrated the satisfactory performance of the developed control logic. Furthermore, the efficiency of the ScadaBR supervisory system was highlighted, enabling comprehensive real-time visualization of the system's operation. Additionally, it is estimated that operational costs could be reduced by approximately 40%, emphasizing the positive impact of the system on energy efficiency and financial management of municipal resources. In summary, the proposed system represents a significant step forward in the modernization and efficiency of urban services, contributing to the sustainable development of cities.

KEYWORDS: Public lighting, fault management, automation, computing board, public safety, energy efficiency.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ÍNDICE	iii
LISTA DE SÍMBOLOS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
1. CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização e delimitação do tema.....	1
1.2. Formulação do problema.....	2
1.3. Justificação	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo Geral.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5. Metodologia.....	5
2. CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	6
2.1. A Importância da iluminação pública no contexto moçambicano.....	6
2.1.1. Definição de conceitos relevantes da iluminação pública.....	7
a. Fluxo luminoso.....	7
b. Intensidade luminosa.....	7
c. Iluminância	7
d. Luminância	7
e. Eficiência luminosa	8
f. Principais equipamentos aplicados na iluminação pública.....	8
2.1.2. Desafios da iluminação pública em Moçambique	9
2.2. Tecnologias emergentes para iluminação sustentável em áreas públicas	10
2.2.1. Emprego dos PLCs nos sistemas de IP	11
a. Breve contextualização	11
b. PLCs e iluminação pública	12
2.2.2. Emprego de placas computacionais nos sistemas de IP.....	13
a. Breve contextualização	13
b. Placas computacionais e iluminação pública.....	14
2.2.3. Emprego de sistemas integrados de telegestão nos sistemas de IP.....	19
a. Composição dos sistemas integrados de telegestão	20
3. CAPÍTULO III – DESCRIÇÃO DO ESTADO ATUAL DO SISTEMA EM VIGOR.....	22

3.1.	Infraestrutura de iluminação pública da REVIMO, SA. em Moçambique	22
3.2.	Área de estudo	24
3.2.1.	Quantidade e disposição das luminárias.....	24
3.2.2.	Especificação técnica das luminárias	26
3.2.3.	Altura e distribuição dos postes de iluminação	27
3.3.	Eficiência energética e custos operacionais	28
3.4.	Sistema de gestão de avarias atual.....	31
3.5.	Pontos fortes, desafios e limitações do sistema atual	32
3.5.1.	Pontos fortes	32
3.5.2.	Desafios e limitações.....	33
4.	CAPÍTULO IV - ANÁLISE DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA	35
4.1.	Implementação de um sistema supervisorio com base em PLCs	35
4.2.	Adoção de um sistema supervisorio integrado de fabricantes	36
4.3.	Utilização de um sistema com base em placas computacionais	37
4.4.	Comparação e tomada de decisão.....	38
5.	CAPÍTULO V - DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA PROPOSTO	40
5.1.	Descrição do funcionamento do sistema.....	40
5.2.	Seleção de componentes e arquitetura do sistema.....	41
5.2.1.	Tecnologias específicas utilizadas	42
5.3.	Integração de dispositivos e Programação	46
5.3.1.	Integração e dimensionamento de dispositivos atuadores.....	46
5.3.2.	Configuração.....	50
5.3.3.	Programação	51
5.4.	Testes e validação	57
5.5.	Estudo de viabilidade.....	60
5.5.1.	Cálculo dos novos gastos mensais em energia	60
5.5.2.	Cálculo do retorno do investimento.....	61
6.	CAPÍTULO VI – RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
7.	CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
7.1.	Limitações	64
7.2.	Recomendações	65
8.	CAPÍTULO VIII – CONCLUSÃO.....	66
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
10.	ANEXOS.....	69

LISTA DE SÍMBOLOS

CPU – Unidade Central de Processamento.

FBD – Diagrama Funcional de Blocos.

GPIO – Entrada/Saída de Propósito Geral.

HDMI – Interface Multimídia de Alta-Definição.

HTTP – Protocolo de Transferência de Hipertexto.

HPS – Lâmpadas de Vapor de Sódio Pressurizado (VSAP).

IoT – Internet das Coisas.

IP – Iluminação Pública.

LAN – Rede de Área Local.

LED – Diodo Emissor de Luz.

MODBUS – Protocolo de Comunicação.

PLC – Controlador Lógico Programável.

PWM – Modulação por Largura de Pulso.

RAM – Memória de Acesso Aleatório.

RS – Standard Recomendado.

ScadaBR – Supervisório de Controle e Aquisição de Dados.

TCP/IP – Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet.

USB – Barramento Serial Universal.

WLAN – Rede de Área Local Sem Fio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Iluminação pública em moçambique na estrada circular Maputo.....	6
Figura 2 – Ilustração dos principais equipamentos aplicados na iluminação pública.....	8
Figura 3 - PLC da OMRON modelo CJ2M.....	11
Figura 4 - Arquitetura interna do PLC.....	12
Figura 5 - Esquema representativo dos componentes de um sistema de monitoramento	13
Figura 6 - Computador de placa única.....	14
Figura 7 - Modulo dimmer aplicável para SBC.....	15
Figura 8 - Ponto de Zero Crossing	16
Figura 9 - Exemplo demonstrativo do funcionamento do módulo dimmer.....	16
Figura 10 - Disparo do TRIAC em diferentes pontos do semi-ciclo.....	17
Figura 11 - Circuito esquemático do dimmer	18
Figura 12 - Ângulos de disparo com atuação do circuito dimmer	18
Figura 13 – Unidade de comando de um SIT da marca liteleds	20
Figura 14 – Unidade de controlador de um SIT da marca inteliLIGHT	21
Figura 15 – Software de gestão de um SIT da marca inteliLIGHT	21
Figura 16 - Área de estudo (Secção 2)	24
Figura 17 - Luminária acesa em período matinal.....	33
Figura 18 - Componentes da placa computacional Raspberry Pi	42
Figura 19 - Fotocélula por instalar	43
<i>Figura 20 - Mini elevador de tensão 3V - 12V.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 21 - Instalação do pacote de compatibilidade com a placa computacional.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 22 - Passos para instalar o software de programação na placa computacional.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23 - Criação do projeto a ser executado pela placa computacional.....</i>	<i>51</i>
Figura 24 - Arranjo físico e disposição das GPIO da Raspberry Pi.....	52
Figura 25 - Atribuição de valor a GPIO	53
Figura 26 - Extrato da programação (secção 1) contendo blocos responsáveis por recolher data e hora	54
Figura 27 - Extrato da programação (secção 1) contendo programação de redução de luminosidade	55
Figura 28 - Extrato da programação (secção 1) contendo as condições para intensificar a luminosidade	55
Figura 29 - RS-485 com 16 entradas digitais.....	56
Figura 30 - Dispositivo Switch	57
Figura 31 - Design gráfico em ScadaBR	57
Figura 32 - Simulação da execução do programa pela placa computacional	58

Figura 33 - Simulação do envio de dados pelo software de simulação MODBUS	58
Figura 34 - Receção de dados pelo ScadaBR	59
Figura 35 - Representação gráfica em ScadaBR.....	59
Figura 36 - Teste de envio de relatórios diários.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos principais equipamentos aplicados na iluminação pública.....	8
Tabela 2 - Tabela com dados específicos das estradas geridas pela REVIMO, SA.....	23
Tabela 3 – Estrutura atual da IP nas estradas geridas pela REVIMO, SA.....	25
Tabela 4 – Distribuição dos diferentes tipos de luminárias ao longo da via.....	27
Tabela 5 - Dados para cálculos	28
Tabela 6 – Tarifa aplicada pela EDM à grandes consumidores.....	30
Tabela 7 – Tabela comparativa das possíveis soluções	38
Tabela 8 - Distribuição das luminárias pelas diferentes secções	44
Tabela 9 - Quantidade de luminárias suportadas por cada atuador	48
Tabela 10 - Quantidades de atuadores e controladores por secção	49
Tabela 11 - Estimativa da carga e tempo de operação das luminárias	60
Tabela 12 – Cálculo do custo diário com a implementação do novo sistema	61

1. CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização e delimitação do tema

A iluminação pública desempenha um papel crucial na segurança e no bem-estar das comunidades, fornecendo visibilidade e proteção durante a noite. Em países como Moçambique, onde a segurança é uma preocupação constante, a qualidade e a eficiência da iluminação nas estradas públicas desempenham um papel crucial na mitigação de riscos e na promoção de um ambiente mais seguro para os cidadãos.

Moçambique, tal como muitas nações em desenvolvimento, enfrenta desafios significativos em termos de segurança pública. A iluminação insuficiente ou inadequada nas estradas pode aumentar os riscos de acidentes de trânsito, atividades criminosas e outros incidentes prejudiciais à comunidade. Estudos comprovam a efetividade da iluminação pública na redução da criminalidade.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta para um sistema modernizado de gestão de avarias na iluminação pública das estradas geridas pela REVIMO em Moçambique. Este sistema será baseado em uma abordagem de automação, visando oferecer uma solução eficiente e económica para a gestão da iluminação pública. Ao utilizar placas computacionais, como o Raspberry Pi, e softwares SCADA supervisores, será possível desenvolver um sistema altamente personalizado e adaptável às necessidades específicas das estradas em questão.

Uma das principais características deste sistema será a implementação de um sistema automático de dimerização das luminárias, programado para ajustar a intensidade da iluminação de acordo com horários específicos e a deteção de movimento, como a passagem de veículos. Isso não apenas contribuirá para a redução dos custos energéticos, mas também garantirá uma iluminação adequada e eficiente, promovendo assim a segurança dos usuários das estradas.

Para contextualizar ainda mais a importância deste trabalho, é relevante mencionar o projeto "Circular", uma iniciativa que começou em 2011 e resultou na construção de estradas fundamentais na cidade de Maputo. Essas estradas, que conectam áreas-chave, desempenham um papel crucial no desenvolvimento económico e social da região, facilitando o acesso e promovendo a integração urbana (Fisker, et al., 2019).

Ao longo deste trabalho, será dada uma ênfase especial às estradas que conectam a zona da marginal em Maputo e Marracuene, reconhecendo a sua importância estratégica para a mobilidade urbana e o fluxo de pessoas e mercadorias na região. Essas vias desempenham um papel fundamental na vida quotidiana dos cidadãos, influenciando diretamente a sua segurança e qualidade de vida.

De seguida, serão explorados mais detalhadamente os desafios específicos enfrentados na gestão de avarias na iluminação pública e as lacunas existentes nos sistemas tradicionais de monitorização e manutenção. Além disso, serão avaliados os benefícios potenciais da abordagem proposta, destacando a viabilidade técnica e económica da implementação de sistemas baseados em automação e placas computacionais, como o Raspberry Pi, em comparação com soluções convencionais baseadas em PLC (Controladores Lógicos Programáveis).

1.2. Formulação do problema

A gestão operosa da iluminação pública em áreas urbanas desempenha um papel crucial na promoção da segurança e no bem-estar dos cidadãos. Em Moçambique, um país em desenvolvimento que tem enfrentado desafios significativos no que diz respeito à segurança pública, a iluminação adequada das vias públicas assume uma importância ainda maior. No entanto, a gestão de avarias na iluminação pública, especialmente nas estradas sob responsabilidade da REVIMO, tem sido alvo de preocupação crescente devido aos seus impactos negativos na segurança dos residentes locais e na qualidade de vida das comunidades circunvizinhas.

Relatórios recentes e testemunhos de moradores das áreas afetadas destacam uma correlação direta entre a deficiência na manutenção da iluminação pública e o aumento da criminalidade. Os dados estatísticos revelam que bairros e regiões com iluminação inadequada são frequentemente alvos de atividades criminosas, incluindo roubos, furtos e agressões. Por exemplo, um estudo conduzido pelo Instituto Nacional de Estatística de Moçambique demonstrou que áreas urbanas com iluminação pública insuficiente ou defeituosa apresentam uma taxa de criminalidade noturna até 30% maior do que aquelas com iluminação adequada (Simango, 2015). Esta evidência enfatiza a necessidade premente de abordar as avarias na iluminação pública como um problema de segurança pública de alto impacto.

Além disso, os acidentes de trânsito também têm sido associados à falta de iluminação adequada nas estradas. Estatísticas do Departamento de Trânsito de Moçambique indicam um aumento significativo no número de acidentes noturnos em vias mal iluminadas, com uma proporção alarmante de ferimentos graves e óbitos (FORTES, 2021). A falta de visibilidade devido à iluminação deficiente contribui para a ocorrência de colisões, atropelamentos e outros incidentes graves, representando uma ameaça direta à segurança dos condutores e dos peões. Estes dados reforçam a urgência de implementar medidas eficazes para melhorar a iluminação pública nas estradas, visando reduzir os riscos de acidentes e proteger a vida e a integridade física dos utilizadores da via.

Os relatos dos residentes das áreas afetadas fornecem uma perspectiva valiosa sobre os impactos tangíveis da falta de iluminação adequada nas suas vidas diárias. Testemunhos de moradores descrevem a sensação de medo e vulnerabilidade ao atravessar áreas mal iluminadas durante a noite, relatando encontros assustadores e situações de perigo iminente. Estes relatos pessoais destacam não apenas os desafios práticos enfrentados pelos cidadãos, mas também o impacto emocional e psicológico da insegurança gerada pela iluminação deficiente. Esta percepção subjetiva da insegurança é tão relevante quanto os dados estatísticos objetivos, pois reflete a realidade vivida pelos residentes e a necessidade urgente de intervenções eficazes.

Além das preocupações com a segurança, as estradas gerenciadas pela REVIMO enfrentam desafios significativos em termos de eficiência energética devido à utilização de tecnologias antiquadas de iluminação. Muitas dessas estradas ainda dependem de lâmpadas tradicionais que consomem uma quantidade considerável de energia, resultando em custos operacionais elevados e impacto ambiental negativo. Além disso, a falta de monitoramento adequado desses sistemas de iluminação torna difícil identificar e corrigir problemas de consumo excessivo de energia. Como resultado, há um desperdício significativo de recursos energéticos e financeiros, comprometendo a sustentabilidade a longo prazo dessas infraestruturas viárias.

Diante deste cenário complexo, surge a necessidade de uma abordagem abrangente e inovadora para a gestão de avarias na iluminação pública. É imperativo desenvolver soluções que não apenas abordem os problemas técnicos subjacentes, mas também considerem os impactos sociais e humanos da iluminação inadequada nas comunidades. Este estudo busca identificar as lacunas existentes nos sistemas de monitorização e manutenção da iluminação pública, bem como propor estratégias eficazes para melhorar a eficiência e a eficácia desses sistemas. Ao

fazê-lo, visa-se não apenas mitigar os riscos associados à iluminação deficiente, mas também promover um ambiente mais seguro e acolhedor para todos os cidadãos.

Como solucionar o problema existente na gestão de avarias na iluminação pública em Moçambique, visando melhorar a segurança, eficiência energética e qualidade de vida das comunidades, considerando as características específicas das estradas geridas pela REVIMO?

1.3. Justificação

O presente trabalho é justificado pela necessidade urgente de abordar os desafios enfrentados na gestão de avarias na iluminação pública em Moçambique. A incidência crescente de crimes e acidentes relacionados à iluminação deficiente é motivo de preocupação para os residentes e autoridades locais, exigindo ações imediatas e eficazes para resolver essa questão. A implementação de um sistema modernizado de gestão de avarias na iluminação pública, baseado em automação, tem o potencial de otimizar não só a eficiência na deteção e resolução de problemas, reduzindo os tempos de inatividade e melhorando a confiabilidade do sistema, como também de otimizar a eficiência energética da IP na cidade de Maputo.

Além disso, este trabalho visa contribuir para a formulação de políticas e estratégias de desenvolvimento urbano em Moçambique. Ao identificar lacunas nos sistemas de monitorização e manutenção da iluminação pública e propor soluções inovadoras e sustentáveis, espera-se informar as decisões governamentais e promover investimentos direcionados para melhorar a infraestrutura urbana e a qualidade de vida dos cidadãos.

Em resumo, esta pesquisa se justifica pela importância crítica da iluminação pública na segurança e no bem-estar das comunidades urbanas em Moçambique. Ao abordar os desafios na gestão de avarias na iluminação pública e propor soluções eficazes, este trabalho visa contribuir para a construção de cidades mais seguras, acessíveis e acolhedoras para todos os cidadãos moçambicanos.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

Desenvolver um sistema automatizado de gestão de avarias em iluminação pública em estradas geridas pela REVIMO, utilizando placas computacionais e software de programação, a fim de melhorar a eficiência e segurança da iluminação pública.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analisar as lacunas do sistema atual de gestão de avarias em iluminação pública nas estradas geridas pela REVIMO;
- Projetar um sistema de gestão de avarias utilizando placa computacional (Raspberry Pi), e software de supervisão (Codesys e ScadaBR), envolvendo a criação de algoritmos de controle e interface de usuário para monitorar e controlar a iluminação pública de forma eficiente;
- Realizar simulações de desempenho do sistema;
- Analisar os resultados das simulações para identificar áreas de melhoria e otimização do sistema.
- Avaliar a viabilidade técnica e económica de implementar um sistema automatizado de gestão de avarias;

1.5.Metodologia

Para o desenvolvimento do presente trabalho, serão utilizados os seguintes métodos:

- Revisão bibliográfica sobre os temas de iluminação pública, automação, microcontroladores, placas computacionais e gestão de avarias;
- Pesquisa de campo sobre o sistema atual de gestão de avarias na província de Maputo realizando visitas à REVIMO;
- Observação participante nas zonas de destaque, durante o dia e à noite, para identificar os problemas relacionados à iluminação pública;
- Utilização de placas computacionais (Raspberry Pi) e softwares de programação e supervisão (CODESYS e ScadaBR) para realizar o desenvolvimento do sistema proposto.

2. CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Neste capítulo, será abordada a importância da iluminação pública para Moçambique, juntamente com uma análise dos elementos componentes da mesma. Explorar-se-ão os desafios enfrentados na gestão de avarias na iluminação pública e a necessidade de soluções técnicas eficazes e adaptáveis. Além disso, serão delineadas as melhores práticas internacionais em gestão de iluminação pública. Este capítulo fornecerá uma base teórica essencial para orientar o desenvolvimento das soluções propostas ao longo do trabalho.

2.1.A Importância da iluminação pública no contexto moçambicano

A **iluminação pública** é definida como a "iluminação artificial de áreas exteriores acessíveis ao público, de modo a permitir a sua utilização durante a noite" (Junqueira, 2015). A norma europeia de iluminação pública EN 13201 abrange a iluminação de vias públicas, praças, parques, jardins, áreas de lazer, e outros espaços públicos.



Figura 1 - Iluminação pública em moçambique na estrada circular Maputo

Fonte: (REVIMO, n.d.)

No contexto moçambicano, a iluminação pública transcende a mera funcionalidade, assumindo um papel crucial na segurança, no desenvolvimento urbano e na qualidade de vida das comunidades. Seus benefícios se estendem por diversos âmbitos, como a segurança (redução da criminalidade e prevenção de acidentes), qualidade de vida (promoção da integração social, estimulação da atividade física e melhoria da percepção de segurança) e desenvolvimento urbano (atração de investimentos, valorização de imóveis e facilidade de locomoção).

Levando em consideração o aspeto da segurança, a iluminação adequada inibe atividades criminosas, proporcionando um ambiente mais seguro para pedestres, ciclistas e motoristas. Na sua tese, Arsénio Simango fez um estudo em um bairro da cidade da cidade da Matola e

constatou, com base em entrevistas e relatos, que a falta de instalação de luminárias naquele bairro aumentava consideravelmente a taxa de criminalidade resultando em um grande receio por parte dos habitantes em locomoverem-se durante o período da noite.

2.1.1. Definição de conceitos relevantes da iluminação pública

a. Fluxo luminoso

O fluxo luminoso é a quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa (lâmpada) em todas as direções em um segundo. É medido em lumens (lm) (Lampamania, 2023).

b. Intensidade luminosa

A intensidade luminosa, também conhecida como fluxo luminoso ponderado, é a medida da percepção da potência emitida por uma fonte luminosa em uma dada direção, levando em consideração a sensibilidade do olho humano à luz de diferentes comprimentos de onda. A sua unidade de medida é Candela (cd) (Lampamania, 2023).

c. Iluminância

Iluminância é a grandeza física que quantifica a quantidade de luz incidente em uma superfície por unidade de área. É medida em lux (lx), que equivale a um lúmen por metro quadrado (Lampamania, 2023).

d. Luminância

A luminância é uma medida da intensidade luminosa de uma superfície em uma determinada direção por unidade de área sólida e por unidade de ângulo de visão. É a quantidade de luz que emana ou é refletida por uma superfície em uma direção específica, por unidade de área e por unidade de ângulo.

Em termos mais simples, a luminância é o que nos permite perceber o brilho de uma superfície. Uma superfície com alta luminância parecerá mais brilhante do que uma superfície com baixa luminância. A luminância é medida em candelas por metro quadrado (cd/m^2) (Lampamania, 2023).

e. Eficiência luminosa

A eficiência luminosa é uma medida da eficiência com que uma fonte de luz converte energia elétrica em luz visível. É definida como a razão entre o fluxo luminoso emitido pela fonte e a potência elétrica consumida (em lumens por watt (lm/W)) (Lampamania, 2023).

f. Principais equipamentos aplicados na iluminação pública

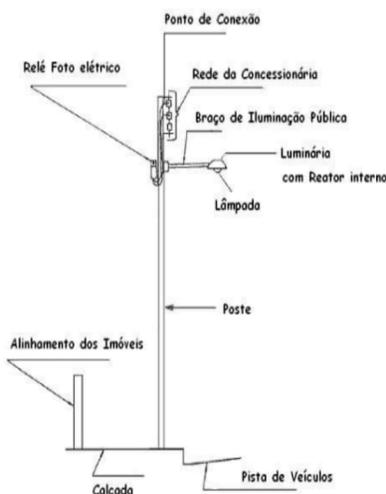


Figura 2 – Ilustração dos principais equipamentos aplicados na iluminação pública

Fonte: (Santana, 2010)

Tabela 1.1 - Descrição dos principais equipamentos aplicados na iluminação pública

EQUIPAMENTO	CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES
Lâmpada a vapor de mercúrio em alta pressão	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência luminosa até 55 lm/W • Potência: 80 a 1000 W • Aparência da descarga: Branco-azulada • Aplicação - iluminação de vias públicas e áreas industriais
Lâmpada a vapor de sódio em alta pressão	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência luminosa até 130 lm/W • Potência: 250 a 400 W • Aparência da descarga: dourada • Aplicação - iluminação externa, avenidas, autoestradas, viadutos, complexos viários, portos, aeroportos, pátios e estacionamentos
Lâmpada multivapores metálicos de alta potência	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência luminosa até 100 lm/W • Potência: 250 a 3500 W • Aparência da descarga: branca e brilhante • Aplicação - iluminação de grandes áreas

Fonte - (Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, 2013)

Tabela 2.2 – Descrição dos principais equipamentos aplicados na iluminação pública (cont.)

Lâmpada de LED (díodo emissor de luz)	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência luminosa: 50 a 250 lm/W • Potência: 40 a 180 W • Aparência da descarga: Depende do material utilizado na sua composição • Aplicação - semáforos de trânsito, na iluminação interna de automóveis e em outros equipamentos de sinalização. Já existem iniciativas de utilização em iluminação pública
Reatores	Provocam um aumento de tensão durante a ignição e uma redução na intensidade da corrente, durante o funcionamento da lâmpada. Os reatores eletrônicos são os mais procurados por profissionais voltados ao uso eficiente da energia.
Dimmer	Tem como função variar continuamente a intensidade da luz de acordo com a necessidade.
Circuitos de comando	O comando da iluminação é realizado por relés fotoelétricos, que tem por função identificar o nível de iluminamento natural e acionar ou desativar as lâmpadas, conforme o período do dia, noturno e diurno.
Luminárias	Abriga e fixa a lâmpada, e direciona a luz. Suas partes principais são: recetáculo para a fonte luminosa, refletores, difusores e carcaça.
Braço de apoio	Sustenta as luminárias e serve como eletroduto na proteção dos cabos de alimentação. Seu ângulo de fixação influencia diretamente na correta distribuição do fluxo luminoso.

Fonte - (Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, 2013)

2.1.2. Desafios da iluminação pública em Moçambique

A iluminação pública em Moçambique enfrenta uma série de desafios que afetam sua eficácia, confiabilidade e impacto na segurança e bem-estar das comunidades. Esses desafios são multifacetados e refletem a interseção de fatores económicos, sociais e infraestruturais que caracterizam o contexto moçambicano.

Um dos principais desafios da IP em Moçambique é a manutenção inadequada. Muitas luminárias estão sujeitas a problemas como lâmpadas queimadas, cabos danificados e luminárias partidas, mas a falta de recursos e infraestrutura para realizar manutenções regulares resulta em longos períodos de inatividade das luzes.

A manutenção inadequada não apenas compromete a funcionalidade da iluminação pública, mas também aumenta os riscos de acidentes e crimes devido à falta de visibilidade nas ruas e estradas. Além disso, a deterioração contínua das luminárias pode levar a custos mais altos de longo prazo, à medida que os problemas não resolvidos se acumulam e exigem intervenções mais extensas e dispendiosas.

2.2. Tecnologias emergentes para iluminação sustentável em áreas públicas

Nos últimos anos, tem-se testemunhado avanços significativos na tecnologia aplicada à iluminação pública, impulsionados pela demanda por soluções mais eficientes, sustentáveis e adaptáveis às necessidades das comunidades urbanas. Essas inovações têm revolucionado a forma como as cidades iluminam seus espaços públicos, proporcionando não apenas maior visibilidade e segurança, mas também redução de custos e impacto ambiental.

Uma das tecnologias mais proeminentes nesse sentido é a adoção de sistemas de iluminação LED (Díodo Emissor de Luz). Os LED são conhecidos por sua eficiência energética significativamente maior em comparação com as lâmpadas tradicionais. Eles consomem menos energia, têm uma vida útil mais longa e são mais duráveis. Além disso, os LED podem ser facilmente integrados a sistemas de controle de iluminação inteligente, permitindo ajustes de brilho e horários de funcionamento de acordo com a demanda, o que contribui para uma redução adicional no consumo de energia.

Outra tecnologia emergente importante é a utilização de sistemas de energia solar para alimentar luminárias de iluminação pública. Os sistemas de iluminação solar consistem em painéis fotovoltaicos que convertem a luz solar em eletricidade, armazenada em baterias para alimentar as luminárias durante a noite. Esses sistemas são ideais para áreas onde a infraestrutura elétrica é limitada ou inexistente, pois oferecem uma fonte de energia renovável e sustentável. Além disso, eles contribuem para a redução das emissões de carbono e para a mitigação das mudanças climáticas. Tendo em conta o contexto moçambicano, segundo um artigo publicado pela EDM (Eletricidade de Moçambique) em 2021, prevê-se que até 2030, esta tecnologia em associação com luminárias LED, seja aplicada à toda a rede de iluminação pública (EDM, 2021).

Além das tecnologias de iluminação, a integração de sensores e sistemas de controle inteligente desempenha um papel crucial na iluminação pública sustentável. Os sensores de movimento e luminosidade podem ser utilizados para detetar a presença de pedestres e veículos, ajustando

automaticamente a intensidade da luz (dimerização) de acordo com a necessidade. Isso não apenas economiza energia, mas também melhora a eficiência da iluminação, garantindo que os recursos sejam utilizados de forma otimizada.

A conectividade sem fio também desempenha um papel importante na iluminação pública sustentável. A implementação de redes de iluminação conectadas permite o monitoramento remoto e o controle das luminárias, facilitando a detecção de falhas e a manutenção preventiva. Além disso, essas redes podem ser integradas a sistemas de gerenciamento de energia inteligente, permitindo uma gestão mais eficiente do consumo de eletricidade e a identificação de oportunidades de economia. Estes sistemas oferecem soluções eficazes e economicamente viáveis para melhorar a eficiência, confiabilidade e segurança da iluminação urbana. Exemplos destas tecnologias incluem o emprego dos PLCs (Controladores Lógicos Programáveis), Placas Computacionais, e Sistemas Integrados de Telegestão.

2.2.1. Emprego dos PLCs nos sistemas de IP

a. Breve contextualização

Para Lamb (2015), os Controladores Lógicos Programáveis (PLCs) representam uma parte vital do cenário de automação industrial, desempenhando um papel essencial no controle de processos e sistemas em uma ampla variedade de ambientes industriais. Com uma história que remonta ao final da década de 1960, os PLCs evoluíram significativamente desde então, tornando-se uma tecnologia fundamental para a operação eficiente e confiável de instalações industriais em todo o mundo.



Figura 3 - PLC da OMRON modelo CJ2M

Fonte: (OMRON, 2023)

O principal objetivo dos PLCs é automatizar processos industriais, substituindo as antigas tecnologias de controle baseadas em relés por uma abordagem mais flexível e programável (Lamb, 2015). Eles consistem em uma unidade central de processamento (CPU), memória para

armazenamento de programas e dados, interfaces de entrada e saída (I/O) e uma interface de comunicação para interação com outros dispositivos e sistemas.

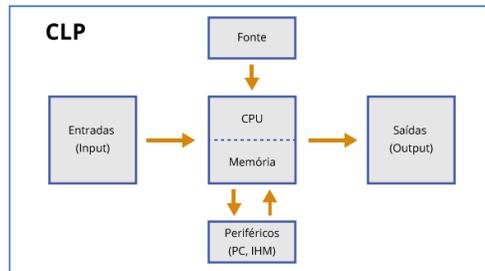


Figura 4 - Arquitetura interna do PLC

Fonte: (metropole digital, 2016)

Uma das características mais importantes dos PLCs é sua capacidade de programação flexível. Os engenheiros podem utilizar linguagens de programação específicas, como Ladder Logic, Instruction List ou Structured Text, para desenvolver programas que definem o comportamento do PLC em resposta a diferentes condições e entradas do sistema.

b. PLCs e iluminação pública

Os PLCs têm sido empregues de forma significativa nos sistemas de Iluminação Pública (IP) de grande escala, desempenhando um papel crucial na automação e controle desses sistemas. Este emprego dos PLCs tem permitido uma gestão mais eficiente, confiável e adaptável da iluminação pública em diversas áreas urbanas, de diversos países do mundo. Com estes, é possível a criação de programas personalizados para controlar a operação das luminárias de acordo com requisitos específicos de iluminação e condições ambientais. Isso inclui a capacidade de ajustar automaticamente o brilho das luzes com base na luminosidade ambiente, o que contribui para economia de energia e eficiência operacional. A este processo, dá-se o nome de dimerização programada, que é aplicável a luminárias compostas por lâmpadas LED ou Incandescentes dimerizáveis.

Além disso, os PLCs oferecem uma ampla gama de recursos de conectividade e comunicação, o que facilita a integração dos sistemas de IP com outros dispositivos e sistemas de controle. Isso inclui a capacidade de monitorar o status das luminárias remotamente, diagnosticar problemas de funcionamento e até mesmo programar rotinas de manutenção preventiva.

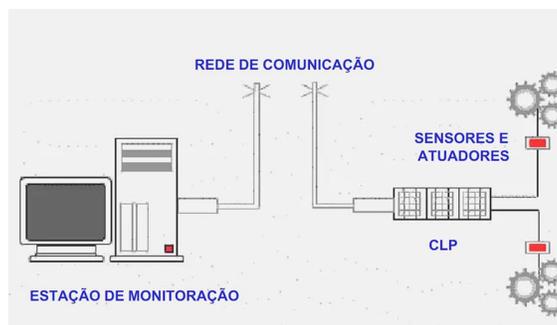


Figura 5 - Esquema representativo dos componentes de um sistema de monitoramento

Fonte: (Boarreto, 2008)

Outra vantagem é sua robustez e confiabilidade em ambientes adversos. Os PLCs são projetados para operar em condições de temperatura variável, umidade e vibração, com pouca necessidade de manutenção. Isso os torna ideais para uso em sistemas de IP, que frequentemente estão localizados ao ar livre e estão sujeitos a condições climáticas variáveis.

2.2.2. Emprego de placas computacionais nos sistemas de IP

a. Breve contextualização

Os computadores de placa única, também conhecidos como SBC (Single-Board Computers) ou placas computacionais, são dispositivos compactos que integram todos os componentes essenciais de um computador numa única placa de circuito impresso. Estas placas incluem um microprocessador, memória RAM, armazenamento, interfaces de E/S e conectividade de rede, tornando-as numa solução versátil para diversos projetos e aplicações (WIKIPEDIA, 2011).

Durante muitos anos os computadores tradicionais tinham uma placa-mãe que continha diversos componentes como portas seriais, controladores para discos rígidos, de gráficos e de som. No entanto, nos últimos anos, a tendência começou a inverter-se. Os fabricantes estão a integrar cada vez mais funcionalidades na placa-mãe, incluindo som, rede, E/S e até mesmo gráficos.

Esta tendência para a integração na placa-mãe apresenta várias vantagens como a redução no tamanho, redução do custo, aumento da eficiência energética, aumento da flexibilidade e também fornecem grande versatilidade podendo ser utilizadas numa ampla gama de aplicações, desde automação residencial e IoT (Internet das Coisas) até robótica, educação e desenvolvimento de software.

Como exemplos de SBC tem-se a Raspberry Pi, BeagleBoard, Odroid, entre outros.



Figura 6 - Computador de placa única

Fonte: (Raspberry Pi, 2019)

b. Placas computacionais e iluminação pública

A integração de placas computacionais na iluminação pública é uma tendência em ascensão que visa melhorar a eficiência, segurança e gestão desses sistemas. As placas computacionais, oferecem uma plataforma flexível e econômica para implementar soluções de automação e controle na iluminação pública.

A integração de placas computacionais na iluminação pública contribui para:

- Um **controle de iluminação inteligente**, onde podem controlar a iluminação de forma a ajustar automaticamente o brilho das luminárias (dimerização) com base em fatores como a hora do dia, condições climáticas, detecção de movimento e demanda de energia. Isto não só melhora a eficiência energética, reduzindo os custos de operação, como também aumenta a segurança e o conforto dos utilizadores;

➤ **Dimerização com SBC**

A dimerização com SBC é uma técnica eficaz para controlar a intensidade da iluminação de forma flexível e personalizada. Eles são capazes de realizar essa função por meio de software e hardware especializados, proporcionando uma solução versátil e de baixo custo para ajustar o brilho das luminárias de acordo com as necessidades específicas de iluminação.

Para implementar a dimerização com SBC, é necessário um circuito de controle que permita variar a potência elétrica fornecida às lâmpadas. Este circuito é geralmente composto por um sistema integrado dimmer, que atua como chave eletrônica controladas pelo SBC. A variação na tensão ou corrente aplicada às lâmpadas permite ajustar o brilho da iluminação de forma suave e gradual.

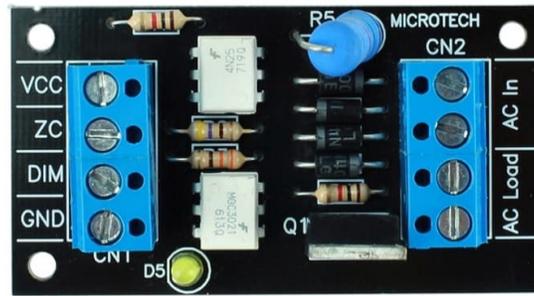


Figura 7 - Módulo dimmer aplicável para SBC

Fonte: (USINAINFO, 2020)

Os módulos dimmer apresentam os seguintes pontos de conexão com o SBC:

VCC e GND – Pinos de alimentação do dimmer que são conectados diretamente no SBC, pode ser feita por 5V ou 3,3V.

DIM – Pino responsável por realizar o controle da luminária através dos pulsos fornecidos pelo SBC, quando em HIGH permite a passagem de energia para a lâmpada.

ZC – Pino detetor de Zero Crossing, responsável por verificar os momentos em que a senóide passa pelo zero variando seus valores entre positivo e negativo.

Os módulos dimmer apresentam os seguintes pontos de conexão com a luminária em corrente alternada (CA):

AC In – Pinos responsáveis por receber a energia CA que será controlada pelo Módulo Dimmer.

AC Load – Pinos de saída controlada, responsável por realizar a alimentação da luminária utilizando-se como base os parâmetros estabelecidos pelo microcontrolador.

Para melhor explicar o funcionamento do Módulo Dimmer, é fundamental ter uma compreensão sólida de alguns conceitos básicos de eletricidade, especialmente o funcionamento da rede elétrica de corrente alternada (CA) utilizada em Moçambique, que opera com uma frequência de 50Hz.

A rede elétrica da iluminação pública em Moçambique, seguindo esse padrão, opera com uma frequência fixa de 50Hz. Isso significa que a tensão alterna entre valores positivos e negativos 50 vezes por segundo. Durante essa alternância, a tensão passa por um ponto comum de 0V, o previamente denominado ponto de Zero Crossing, que é utilizado como referência para o controle da luminária.

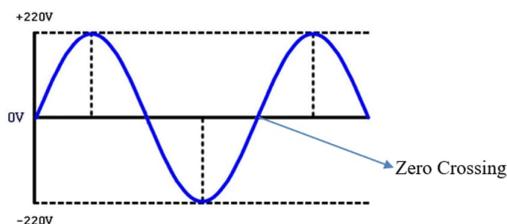


Figura 8 - Ponto de Zero Crossing

Fonte: (USINAINFO, 2020)

As luminárias instaladas nas ruas e estradas também são projetadas para se apagar sempre que a tensão atinge 0V e se acender novamente assim que ultrapassa esse ponto. Como essa transição ocorre 100 vezes por segundo devido à frequência de 50Hz, as luminárias parecem estar sempre acesas, pois a rapidez com que este fenômeno ocorre, é imperceptível ao olho humano.

O tempo em que a tensão permanece em 0V determina a luminosidade da lâmpada. Quanto mais curto for esse tempo, mais brilhante será a lâmpada, e vice-versa. Como cada ciclo da onda sinusoidal dura em média 10 milésimos de segundo devido à frequência de 50Hz, o tempo em que a lâmpada permanece apagada para alcançar seu brilho mínimo é extremamente curto e imperceptível ao olho humano.

O controle do tempo em que a tensão permanece em 0V é a base do funcionamento do Dimmer. Ao observar-se a forma de onda da tensão do exemplo abaixo, pode-se identificar os picos (valores positivos) e os vales (valores negativos).

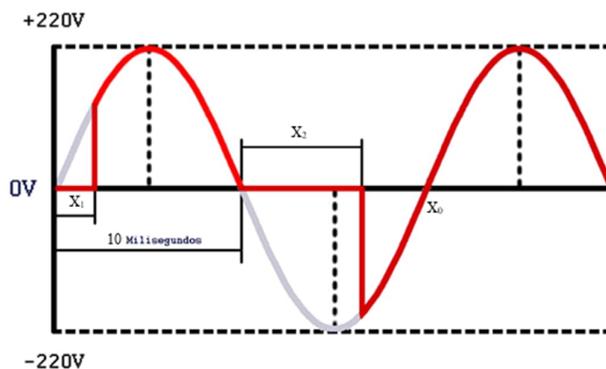


Figura 9 - Exemplo demonstrativo do funcionamento do módulo dimmer

Fonte: (USINAINFO, 2020)

No primeiro pico observa-se um valor x_1 atribuído ao tempo em que a onda sinusoidal permaneceu em 0V e quanto menor for este tempo maior será o brilho da lâmpada, já no vale,

observa-se que o tempo em 0V foi bem superior através da variável x_2 e conseqüentemente neste caso, menor será o brilho da lâmpada.

No segundo pico, vê-se que o tempo em 0V expresso por x_0 foi praticamente nulo, o valor correspondeu apenas ao instante em que a onda sinusoidal mudou o seu valor de negativo para positivo, esta seria a representação de uma lâmpada em seu brilho máximo.

Para uma melhor contextualização, o sistema integrado do dispositivo dimmer é um circuito composto por um elemento principal, o TRIAC (tríodo de corrente alternada) e o DIAC (díodo de corrente alternada). O TRIAC, que, através de uma corrente aplicada no seu gate, permite controlar a corrente de saída para a carga, atuando na variação de potência por meio do controle de fase, ou seja, variando o ângulo de disparo.

A energia da rede de 110/220 VAC entra no dimmer, que através de um potenciômetro varia a tensão na sua saída. Com o disparo realizado no início do semi-ciclo, o semi-ciclo "todo" será conduzido para a carga, transferindo a sua máxima potência. Se o disparo ocorrer no final do semi-ciclo, apenas uma pequena parcela será conduzida para a carga, transferindo menor potência. Isso permite aplicar potências diferentes à carga, sendo esta variação controlada por um potenciômetro.

Para conseguir o disparo do TRIAC nos pontos desejados, utiliza-se uma rede de atraso RC, onde R é variável, ajustando assim a sua potência.

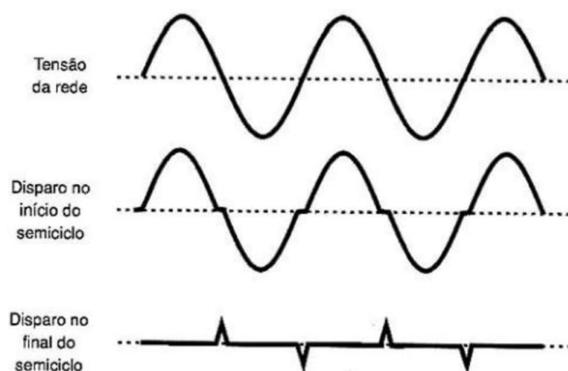


Figura 10 - Disparo do TRIAC em diferentes pontos do semi-ciclo

Fonte: (WordPress, 2019)

O DIAC é um gatilho bidirecional que conduz corrente apenas após a tensão de disparo ser atingida, e para de conduzir quando a corrente elétrica cai abaixo de um valor característico, chamado de corrente de corte. Este comportamento é o mesmo nas duas direções de condução de corrente. A tensão de disparo é por volta dos 30V para a maioria destes componentes. Este

comportamento é de certa forma similar, porém mais precisamente controlado e ocorrendo em menor valor, ao comportamento de uma lâmpada de néon.

O circuito que controla o atraso do disparo do dimmer, pode ser encontrado abaixo.

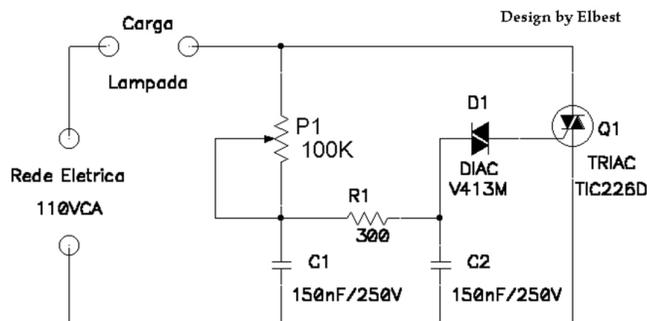


Figura 11 - Circuito esquemático do dimmer

Fonte: (Nerd Eletrico, 2013)

Este circuito que controla a tensão RMS aplicada a uma carga através de cortes na senoide da rede.

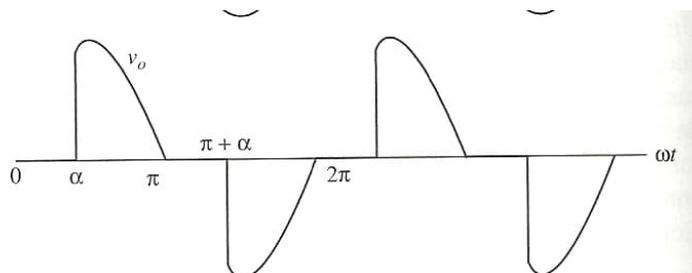


Figura 12 - Ângulos de disparo com atuação do circuito dimmer

Fonte: (Nerd Eletrico, 2013)

Na figura, observa-se que a senoide não começa em 0 radianos como seria esperado, mas inicia o semi-ciclo positivo com α radianos de atraso. No semi-ciclo negativo, ocorre algo semelhante. Em vez de a tensão começar a ficar negativa no ângulo de π radianos, a tensão começa a ficar negativa com o mesmo atraso de α , ou seja, começa a ficar negativa no ângulo de $\pi + \alpha$ radianos.

Pode-se inferir que a tensão RMS, ou seja, a tensão eficaz que esta onda apresenta, é menor que a tensão RMS que a onda completa (sem esses cortes) apresentaria.

Aproveitando a simetria entre os semi-ciclos, é possível calcular a tensão RMS considerando somente um semi-ciclo. O cálculo RMS será realizado entre os ângulos 0 e π , observando que

a onda apresenta tensão apenas entre α e π . Para isso, integra-se a função senoidal entre os limites α e π . Sendo V_p a tensão de pico da onda, tem-se:

$$V_{RMS} = \int_{\alpha}^{\pi} \frac{V_p}{2} \times \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2+\pi}} \quad (2.1)$$

Deste modo, pode concluir-se que é possível aplicar um atraso na senoide da rede, controlando a tensão RMS aplicada em uma carga resistiva.

- **Monitorização remota** e manutenção preventiva, podendo estas placas ser equipadas com sensores para monitorar o estado das luminárias em tempo real, detetando problemas como lâmpadas queimadas, falhas de alimentação ou danos físicos. Estas informações podem ser enviadas para um sistema centralizado de gestão, que permita manutenção preditiva e resolução rápida de problemas antes que afetem a iluminação pública;
- **Gestão de energia**, quando utilizadas para monitorizar e otimizar o consumo de energia da iluminação pública, ajustando o horário de funcionamento das luminárias com base nos padrões de uso e nas tarifas de energia. Além disso, podem ser integradas a sistemas de energia renovável, como painéis solares, para reduzir ainda mais a dependência de fontes de energia tradicionais.

De uma forma resumida, tal como os PLCs, os SBC podem ser usados para os mesmos fins, tendo resultados equivalentes, porém a um custo reduzido em sistemas de iluminação pública.

2.2.3. Emprego de sistemas integrados de telegestão nos sistemas de IP

Os Sistemas Integrados de Telegestão (SIT) têm ganho destaque como uma solução eficaz para o controlo e gestão remota dos sistemas de iluminação pública. Esses sistemas utilizam tecnologias de comunicação pré-desenvolvidas para monitorizar, controlar e otimizar o funcionamento das luminárias de forma centralizada, proporcionando uma série de benefícios significativos.

Estes sistemas tal como os previamente mencionados, tem a capacidade de monitorizar o estado das luminárias em tempo real, detetar automaticamente problemas como lâmpadas queimadas, ajustar o brilho das luminárias de acordo com as condições de luminosidade ambiente, a hora

ajustar o brilho das luminárias de acordo com as condições de luminosidade ambiente, a hora do dia ou a demanda de energia e também a capacidade de programar as luminárias para ligar e desligar em determinados horários, ou ajustar o seu funcionamento de acordo com eventos sazonais ou especiais.

É um produto e serviço que tem sido fornecido cada vez mais, por diversas marcas emergentes no mercado.

a. Composição dos sistemas integrados de telegestão

Os SIT disponíveis no mercado, são geralmente compostos por 3 unidades importantes:

- **Unidades de comando**

É uma unidade autónoma de monitoramento que tem por finalidade substituir o sistema fotoelétrico convencional, por sistemas inteligentes.

É uma unidade de hardware que possibilita integração a sistemas de iteratividade com as lâmpadas e outros circuitos elétricos instalados, que recebe e envia informações que permitem um controle eficaz de circuitos de iluminação (KDL, 2024).

As suas funções básicas, equivalem-se a de um relé fotoelétrico e para que ele assuma as demais funções de medição, monitoramento e controle, ele tem de ser parte de um conjunto de hardwares e software de gestão dedicados a esse fim.

Funciona igualmente no controle de luminárias convencionais e de LED, possibilitando comandos individuais ou em grupo.



Figura 13 – Unidade de comando de um SIT da marca liteleds

Fonte: (Liteleds, 2022)

- **Unidades de concentradores**

Estas unidades têm a função de receber e enviar as informações das unidades de comando para a central de controle. E vice e versa.

Dependendo dos fabricantes, estas unidades podem controlar até mil unidades de comando.



Figura 14 – Unidade de controlador de um SIT da marca inteliLIGHT

Fonte: (inteliLIGHT, 2022)

- **Software de gestão**

É através deste que se monitora e controla à distância e em tempo real toda a operação da rede, enviando funções e possibilitando de se emitir relatórios e históricos. Pode ser usado em qualquer computador ou dispositivo móvel com acesso a internet.



Figura 15 – Software de gestão de um SIT da marca inteliLIGHT

Fonte: (inteliLIGHT, 2022)

3. CAPÍTULO III – DESCRIÇÃO DO ESTADO ATUAL DO SISTEMA EM VIGOR

Este capítulo descreverá o sistema de iluminação pública atualmente em operação nas estradas geridas pela REVIMO, SA. em Moçambique. Inicialmente, será detalhada a infraestrutura de iluminação existente, incluindo o tipo de luminárias, suas especificações técnicas e sua distribuição ao longo das estradas. Em seguida, será abordado o sistema de gestão de avarias atual, explicando como as avarias são detetadas, relatadas e corrigidas, bem como os desafios e limitações enfrentados por esse sistema. Será realizada uma análise da eficiência energética e dos custos operacionais associados ao sistema atual, considerando o consumo de energia, custos de manutenção e outros custos relacionados. Por fim, serão identificados os pontos fortes e pontos fracos do sistema atual, fornecendo uma visão geral objetiva do estado atual da gestão de iluminação pública nas estradas sob responsabilidade da REVIMO, SA.

3.1. Infraestrutura de iluminação pública da REVIMO, SA. em Moçambique

A REVIMO, SA. desempenha um papel fundamental na gestão da iluminação pública não apenas na cidade de Maputo, mas também em uma extensa rede de estradas que abrange várias províncias de Moçambique. Esta rede inclui estradas importantes que conectam áreas urbanas, suburbanas e rurais, proporcionando iluminação essencial para garantir a segurança e a visibilidade dos utilizadores durante a noite.

A distribuição geográfica das estradas e iluminação pública geridas pela REVIMO, SA. abrange uma ampla área territorial, indo além das fronteiras da cidade de Maputo. As estradas sob sua jurisdição incluem rotas que ligam Maputo à Katembe, uma importante travessia que conecta a capital a uma região em rápido desenvolvimento. Além disso, a REVIMO, SA. é responsável pela iluminação ao longo da estrada que se estende de Katembe até a popular região turística de Ponta do Ouro, proporcionando segurança aos viajantes durante todo o trajeto.

A empresa também supervisiona a iluminação em estradas que ligam Maputo a outras províncias do país, como Gaza, Beira e Manica. Essas rotas desempenham um papel vital no transporte de mercadorias e passageiros entre diferentes regiões de Moçambique, e a iluminação pública nessas estradas contribui para garantir viagens seguras e eficientes, mesmo durante a noite.

Para fornecer uma visão mais detalhada da extensão das estradas e da distribuição da iluminação pública, a tabela abaixo apresenta os dados específicos sobre as delimitações e extensões dessas rotas:

Tabela 2 - Tabela com dados específicos das estradas geridas pela REVIMO, SA.

Estrada	Troço	Extensão Km	Notas
Estrada Circular	Chiango - Tchumene	27.00	Zimpeto - Tchumene
	No do Zimpeto - Marracuene	16.50	
	Rot Radisson - Ponte Costa Sol/Marracuene	26.50	Radisson - Marracuene
	Estrada de Macaneta	8.42	
Subtotal - Estrada Circular		78.42	
Estrada de Ligação	Boane - Bela Vista	63.00	
	Katembe - Bela vista	46.20	
	Zitundo - Ponta Douro	75.50	Zitundo - Ponta Douro
	Ponte MKT Acesso Norte	5.30	
	Ponte Maputo Katembe(0.15% \$445M)	3.00	Ponte Maputo Katembe
Subtotal - Estrada Circular		193.00	
N6	Aeroporto - Inchope	72.00	Aeroporto Inchope
	Chimoio Crz - Aeroporto	83.00	
	No do Inchope	0.00	No do Inchope
	Beira - Tica	74.00	
	Tica Inchope	61.00	Tica Inchope
Subtotal - Estrada Circular		290.00	
Gaza	Bilene Macia	32.00	
	Macia - Mapapa	31.70	
	Mapapa Chockwe	30.00	
	Chockwe - Macarretane	21.80	
Subtotal - Estrada Circular		115.50	
Grande Total		676.92	

Fonte - (REVIMO, 2024)

Essa extensa rede de estradas e iluminação pública gerenciada pela REVIMO, SA. destaca a importância da empresa na promoção da segurança e do desenvolvimento das infraestruturas rodoviárias em Moçambique. Ao garantir uma iluminação adequada ao longo dessas rotas vitais, a REVIMO, SA. desempenha um papel crucial na facilitação do transporte, no aumento da segurança viária e no apoio ao crescimento económico em todo o país.

3.2. Área de estudo

A área de estudo deste trabalho está centrada na iluminação ao longo da estrada que se estende desde a rotunda do Hotel Radisson na marginal da cidade de Maputo até a Ponte de Marracuene, após a rotunda de Zintava.

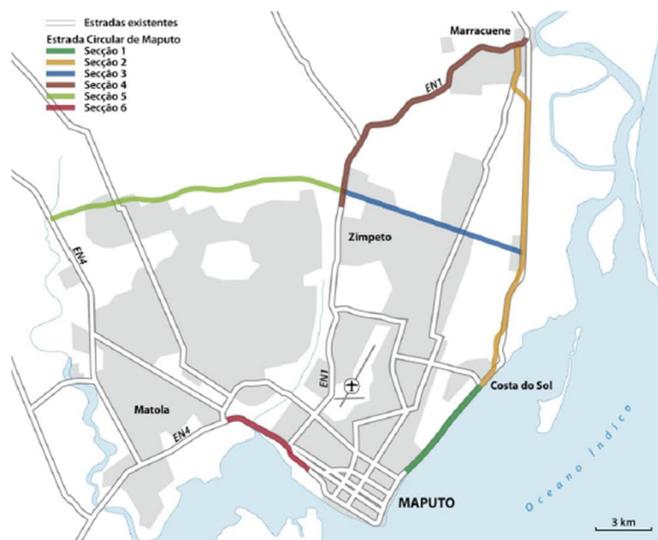


Figura 16 - Área de estudo (Secção 2)

Fonte: (Fisker, et al., 2019)

3.2.1. Quantidade e disposição das luminárias

Ao longo dos 26 km da estrada, foram projetados 745 postes de iluminação pela REVIMO, SA, de acordo com os registos fornecidos. No entanto, 13 desses postes foram danificados em acidentes, resultando em uma distribuição não uniforme ao longo da via. Além disso, há uma variação na intensidade da iluminação devido à presença de diferentes tipos de luminárias e espaçamento irregular entre os postes.

A disposição dos postes e luminárias nestas vias é do tipo axial, onde os postes são alinhados entre as separações das faixas de rodagem. Neste tipo de alinhamento de postes são montadas duas luminárias em cada poste, de modo que elas iluminem as duas faixas (com a exceção dos postes instalados nas rotundas, onde são montadas quatro luminárias e não duas).

Em algumas áreas, especialmente devido a restrições orçamentárias, houve a opção por economizar na compra de luminárias ou não instalar todos os postes planeados em uma primeira fase. Isso levou a um espaçamento maior entre os postes em alguns trechos da estrada, resultando em áreas mais escuras e uma iluminação menos eficaz.

Na tabela abaixo, podem ser encontrados detalhes específicos sobre os postes de iluminação, incluindo tipos de materiais e marcas das luminárias utilizadas ao longo da estrada. Esses dados fornecem informações essenciais para compreender a infraestrutura existente e identificar possíveis áreas de melhoria no sistema de iluminação pública gerido pela REVIMO, SA.

Tabela 3 – Estrutura atual da IP nas estradas geridas pela REVIMO, SA.

TROÇO	QUADRO/COMANDO	Nº de Postes do projeto	Nº de Postes acidentados	Total actual	TIPO DE POSTES	NUMERO, FABRICO, POTENCIA E TIPO DE LUMINARIA												
						BEKA HPS 250W			BEKA HPS 400W			LED 150W			SOLAR LED 80W			
						ON	OFF	Total	ON	OFF	Total	ON	OFF	Total	ON	OFF	Total	
1	RADISSON A GLORIA HOTEL	RADISSON	12	1	11	FIBRA	20	2	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	GLORIA HOTEL A R. BAIJA MALL	MARITIMO/SALIMO	26	1	25	FIBRA	84	0	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	BAIJA MALL A RUA NKOMATI	MERCADO DO PEIXE/ARTES	86	2	84	FIBRA	0	0	0	0	0	0	168	0	168	0	0	0
4	RUA A. NKOMATI A RUA 4680/TRIUNFO	TRIUNFO	49	3	46	FIBRA	98	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	RUA 4680 A RUA DONA ALICE	RESTAURANTE COSTA DO SOL	44	0	44	FIBRA	88	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	RUA DONA ALICE A R. CASA JOVEM	BOTTLE STORE	60	1	59	FIBRA	118	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	R. CASA JOVEM A GALP/B. PESCADORES	BOMBAS DA GALP/B Pescadores	60	1	59	FIBRA	116	2	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	BOMBAS DA GALP/B. Pescadores./ Portagem da Costa do Sol	Transformador PTP REVIMO	124	0	124	FIBRA	248	0	248	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	PORTAGEM DA COSTA DO SOL A ROTUNDA DAS BOMBAS PETROMOC/SASOL	ROTUNDA BOMBAS PETROMOC /SASOL	12	0	12	FIBRA	24	0	24									
10	ROTUNDA BOMBAS PETROMOC/SASOL AO ESTALEIRO	ESTALEIRO	20	1	19	FIBRA	38	0	38									
11	ESTALEIRO A ROTUNDA DO CHIHANGO	PTS CHIHANGO	27	0	27	FIBRA	54	0	54									
12	ROTUNDA DE CHIHANGO A Armazens Agility	Rotunda do Chihango	25	1	24	METAL	48	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	ARMAZENS AGILITY ATÉ A ROTUNDA DE CMC	PTP Rotunda do ALBASINE	39	0	39	METAL	68	0	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	ROTUNDA DA CMC A ROTUNDA DO GRANDE MAPUTO	Antigo estaleiro da CRBC	67	4	63	METAL	123	3	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	ROTUNDA DO GRANDE MAPUTO A ENTRADA DA VILA OLIMPICA	PTS 216, Grande Maputo	45	1	44	METAL	0	90	90									
16	ENTRADA DA VILA OLIMPICA A NÓ DO ZIMPETO	NÓ DO ZIMPETO	15	1	14	METAL	30	0	30									
17	ROTUNDA DE CHIHANGO AO NÓ DE MARRACUENE	SOLAR	225	3	222	METAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	423	21	444
18	PORTAGEM DA KATEMBE A ROTUNDA DA KATEMBE	SOLAR	19	0	19	METAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	6	19
19	NÓ DO ZIMPETO AO NÓ DE TCHUMENE	SOLAR	310	0	310	METAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	593	27	620
20	NÓ DO ZIMPETO A MARRACUENE	SOLAR	185	2	183	METAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	297	3	300
TOTAL POSTES			1450						1254									1383

Fonte: (REVIMO, 2024)

A tabela foi fornecida pela equipe que trabalha diretamente com o sistema de IP na área de estudo deste trabalho. Os pontos focais relevantes para o presente trabalho então inumerados de 1 à 11 e 17.

3.2.2. Especificação técnica das luminárias

Para dar uma descrição detalhada das especificações técnicas das luminárias instaladas na área de estudo, é necessário sintetizar a informação previamente fornecida de modo a garantir um estudo mais bem organizado. Estas especificações são relevantes, para que posteriormente seja conhecido o gasto energético da IP no seu estado atual, e consequentemente seja comparado a possível evolução ou melhoria em termos de eficiência energética de todo o sistema com a hipotética implementação do sistema a ser desenvolvido.

De acordo com a tabela 3, podem ser evidenciados elementos importantes como a quantidade de luminárias, o tipo de luminárias e a potência consumida pelas mesmas.

A presente área de estudo, apresenta uma extensão de aproximadamente 27km onde existem 732 postes instalados e 13 rotundas. Cada poste suporta 2 luminárias, com exceção dos postes instalados nas rotundas que suportam 4 luminárias, sendo assim, pode ser contada a quantidade total de luminárias nesta área da seguinte maneira:

$$NL_E = 2 \times NP_E; NL_E = 2 \times 719 = 1438 \text{ luminárias.} \quad (3.1)$$

$$NL_R = 4 \times NP_R; NL_R = 4 \times 13 = 52 \text{ luminárias.} \quad (3.2)$$

$$N_{TL} = NL_E + NL_R = 1438 + 52 = 1490 \text{ luminárias.} \quad (3.3)$$

Onde:

N_{TL} – número total de luminárias.

NL_E – número total de luminárias na estrada.

NL_R – número total de luminárias nas rotundas.

NP_E – número de postes na estrada.

NP_R - número de postes nas rotundas.

Conhecendo o número total de luminárias instaladas, pode-se também verificar a distribuição dos diversos tipos e fabricantes na tabela abaixo.

Tabela 4 – Distribuição dos diferentes tipos de luminárias ao longo da via

BEKA HPS 250W	PHILIPS LED 150W	PHILIPS SOLAR LED 80W
6 rotundas 426 postes	3 rotundas 84 postes	4 rotundas 222 postes
864 luminárias	174 luminárias	452 luminárias

Fonte: Própria, 2024

No último troço da presente área de estudo, foram instalados 222 postes contendo 452 luminárias alimentadas por energia solar. Estas, são as únicas que não são alimentadas pela rede elétrica nacional que tem como consequência a redução de custos em pagamento de faturas de consumo de energia.

Entretanto, pode-se observar que num troço ainda maior, foram instaladas 864 luminárias com lâmpadas a vapor de sódio alta pressão com uma potência de 250W (VSAP ou HPS), e também luminárias LED com uma potencia de 150W, alimentadas pela rede elétrica nacional.

3.2.3. Altura e distribuição dos postes de iluminação

A altura média dos postes de iluminação ao longo da estrada varia dependendo do comando sob responsabilidade da REVIMO, SA. Por exemplo, do Hotel Radisson até a ponte da Costa do Sol em Marracuene, encontram-se 12 comandos diferentes (presentes na tabela 3), cada um com características específicas de altura e distribuição de postes.

Os postes metálicos telecónicos, com cerca de 12 metros de altura útil, são os mais comuns ao longo da estrada. No entanto, também foram instalados postes de fibra de vidro com a mesma altura em algumas áreas. A distribuição dos postes varia ao longo da estrada, influenciada por fatores como topografia, densidade populacional e características urbanas.

Em áreas mais densamente povoadas, os postes tendem a estar mais próximos uns dos outros, com uma distância de 35 metros entre eles, enquanto em regiões menos povoadas, o espaçamento entre os postes é de 70 metros. Isso afeta a qualidade da iluminação e a sensação de segurança dos usuários da via, especialmente durante a noite.

3.3. Eficiência energética e custos operacionais

A eficiência energética e os custos operacionais desempenham um papel fundamental na gestão eficaz do sistema de iluminação pública. Será então analisada a eficiência energética do presente sistema focando nos cálculos matemáticos que darão uma visão devida dos custos que atualmente a REVIMO, SA tem de suprir por parte da iluminação pública.

Com base nas especificações técnicas das luminárias utilizadas, é possível determinar a potência de cada uma e multiplicá-la pelo número de horas em que permanecem acesas durante a noite. Este cálculo permitirá obter uma estimativa do consumo diário de energia para iluminar a via pública. Para este efeito serão usados os dados apresentados na tabela seguinte:

Tabela 6 - Dados para cálculos

Tipo de luminária e potencia consumida	BEKA HPS 278W	PHILIPS LED 150W
Quantidade	864 luminárias	174 luminárias
Tempo medio de funcionamento diário	12h	12h

Fonte: Própria, 2024

A potência consumida por cada tipo de luminária foi verificada nas especificações técnicas fornecidas pelos fabricantes das mesmas (Anexo 1).

Tendo em conta que o último troço da rede de iluminação pública (Tabela 4) na área de estudo, é autossuficiente a partir de um sistema fotovoltaico, não será incluída nos cálculos de eficiência energética.

- **Cálculo da potência total consumida pelo sistema**

$$P_{T278W} = P_{L278W} \times N_{L278W} \quad (3.4) \quad P_{T150W} = P_{L150W} \times N_{L150W} \quad (3.5)$$

$$P_{T270W} = 278W \times 854 = 237,41kW \quad P_{T270W} = 150W \times 174 = 26,1kW$$

Onde:

P_{L278W} – potência por cada luminária 278W. P_{L150W} – potência por cada luminária 150W.

N_{L278W} – número total de luminárias 278W. N_{L150W} – número total de luminárias 150W.

P_{T278W} – potência total luminárias 278W. P_{T150W} – potência total luminárias 150W.

Sendo assim, a potência total consumida por todo o sistema pode ser calculada da seguinte forma:

$$P_{TC} = P_{T278W} + P_{T150W} \quad (3.6)$$

$$P_{TC} = 237,41 + 26,1 = 263,51kW$$

Onde:

P_{TC} – potência total consumida por todo o sistema.

- **Cálculo da energia total consumida pelo sistema diariamente**

A energia consumida diariamente pelo sistema de iluminação pública pode ser calculada da seguinte maneira:

$$E = P_{TC} \times \Delta t \quad (3.7)$$

$$E = 263,51kW \times 12h = 3,162MWh$$

Onde:

E – energia total consumida pelo sistema.

Δt – tempo médio de funcionamento diário.

- **Cálculo do custo total diário em energia**

Para calcular o custo total diário gasto pelo sistema é necessário conhecer a tarifa aplicada pela concessionária EDM (Eletricidade De Moçambique).

O presente sistema enquadra-se na categoria de grandes consumidores de baixa tensão (GCBT), e a tarifa correspondente pode ser encontrada na tabela abaixo:

Tabela 7 – Tarifa aplicada pela EDM à grandes consumidores.

Categoria de Consumidores	PREÇO DE VENDA POR CATEGORIA TARIFÁRIA		Taxa fixa (Mt)
	(Mt/kWh)	(Mt/kW)	
Grandes consumidores BT (GCBT)	5.74	441.12	683.29
Média Tensão (MT)	4.78	497.03	3,207.25
Média Tensão Agrícola (MTA)	2.72	313.29	3,207.25
Alta Tensão (AT)	4.70	600.10	3,207.25

Fonte: (EDM, 2018)

Tendo em conta a tarifa de 5,74Mt/kWh, pode ser calculado o custo total diário da seguinte maneira:

$$C_{TD} = E \times T_{GCBT} \quad (3.8)$$

$$C_{TD} = 3,162 \times 10^3 kWh \times 5,74 Mt/kWh$$

$$C_{TD} = 18.149,88 Mt$$

C_{TD} – custo total diário.

T_{GCBT} – tarifa aplicada a grandes consumidores de baixa tensão.

É importante ressaltar que os cálculos realizados para determinar o consumo e custo de energia das luminárias da iluminação pública são estimativas baseadas em diversos fatores. Um desses fatores é o tempo em que as lâmpadas permanecem acesas durante a noite, o qual pode variar de acordo com a estação do ano e as condições meteorológicas. Por exemplo, durante os meses de inverno, os dias são mais curtos, o que pode resultar em um tempo de iluminação prolongado, enquanto nos meses de verão, os dias são mais longos e a iluminação pode ser necessária por menos tempo. Além disso, outros aspetos, como manutenção inadequada das luminárias ou falhas nos sistemas de controle, também podem afetar o consumo de energia.

É fundamental acrescentar que nos cálculos do consumo de energia diário, foram desconsideradas as perdas e as correntes de pico que podem ocorrer no sistema de iluminação pública. Essas perdas podem resultar de diversos fatores, como a resistência dos cabos elétricos, conexões deficientes ou oscilações na rede elétrica. Além disso, as correntes de pico, que são

picos momentâneos de energia, podem ocorrer durante o acionamento das luminárias ou devido a flutuações na rede elétrica. Embora esses elementos não tenham sido incluídos nos cálculos, é importante reconhecer que podem influenciar o consumo real de energia e, conseqüentemente, a eficiência energética do sistema de iluminação pública. Assim, os resultados obtidos devem ser interpretados com essa ressalva em mente, visando fornecer uma estimativa aproximada do consumo de energia.

Em suma, a eficiência energética e os custos operacionais são aspetos críticos a serem considerados na gestão do sistema de iluminação pública da REVIMO, SA em Moçambique. Ao adotar uma abordagem holística e proativa para a gestão de energia e operações, é possível alcançar um equilíbrio entre a prestação de um serviço de iluminação de alta qualidade e a minimização dos custos associados à sua operação e manutenção.

3.4.Sistema de gestão de avarias atual

O sistema atual de gestão de avarias da iluminação pública gerida pela REVIMO, SA em Moçambique envolve uma série de processos para monitorar, identificar e resolver as falhas que possam surgir ao longo da rede. A monitoria das avarias é realizada principalmente por meio de rondas noturnas e inspeções periódicas ao sistema. Durante essas rondas, os técnicos verificam a operacionalidade das luminárias e identificam quaisquer problemas que possam surgir, como lâmpadas queimadas, cruzamento de cabos ou mau funcionamento de equipamentos.

Dentre os diferentes tipos de avarias que tendem a ocorrer, as mais comuns incluem a queima de contadores e fotocélulas nos comandos, bem como o cruzamento de cabos ao longo da linha. Essas falhas podem resultar em interrupções no fornecimento de energia para as luminárias, reduzindo a eficácia do sistema de iluminação pública e comprometendo a segurança das vias públicas durante a noite.

O tempo médio de resposta para a resolução de avarias pode variar dependendo da disponibilidade de materiais em estoque. Em casos em que os materiais necessários estão disponíveis, o tempo de resposta pode ser de aproximadamente uma hora após a comunicação da falha. No entanto, se os materiais não estiverem em estoque, o tempo de resposta pode se estender para duas a três semanas devido ao processo de aquisição dos materiais por meio do procedimento de procurement.

Os reparos e manutenções na rede são realizados pelos técnicos de infraestruturas elétricas, que são responsáveis pela identificação e solução das avarias, bem como pela realização de manutenções preventivas. Essas manutenções preventivas incluem inspeções periódicas para identificar possíveis problemas antes que se tornem falhas significativas, ajudando a evitar interrupções no sistema de iluminação pública.

Atualmente, não existe um sistema formal de controle e monitoramento da qualidade da iluminação pública implementado pela REVIMO, SA. Isso significa que não há um sistema automatizado para rastrear o desempenho das luminárias, a eficácia da iluminação ou a ocorrência de falhas ao longo da rede. A falta de um sistema de monitoramento dificulta a identificação rápida de problemas e a implementação de medidas corretivas, o que afeta a qualidade e a eficiência do sistema de iluminação pública como um todo.

3.5. Pontos fortes, desafios e limitações do sistema atual

O sistema atual de iluminação pública apresenta tanto pontos fortes quanto pontos fracos que influenciam sua eficácia e desempenho geral. Esses aspectos podem impactar diretamente na qualidade do serviço prestado, na eficiência operacional e nos custos associados à manutenção e operação da rede de iluminação. Abaixo, são destacados alguns desses pontos.

3.5.1. Pontos fortes

Cobertura abrangente – O sistema abrange uma vasta extensão de estradas, proporcionando iluminação pública em áreas urbanas e rurais, o que contribui para a segurança e a comodidade dos moradores e usuários das vias.

Tecnologia moderna – A incorporação de tecnologias modernas, como luminárias LED e sistema fotovoltaico, em determinadas áreas do sistema aumenta a eficiência energética e reduz os custos operacionais.

Monitoramento ativo – A realização de rondas noturnas e inspeções periódicas permite a identificação precoce de avarias e falhas no sistema, facilitando intervenções rápidas e eficazes para garantir a continuidade do serviço.

3.5.2. Desafios e limitações

Os desafios e limitações do sistema atual de gestão de avarias na iluminação pública da REVIMO, SA refletem uma série de questões que impactam diretamente a eficiência e a eficácia do sistema. Esses desafios abrangem desde questões operacionais até limitações estruturais e financeiras. Abaixo estão alguns dos principais desafios e limitações identificados.

Manutenção reativa: O sistema atual opera principalmente com base em manutenção reativa, respondendo a avarias somente após sua ocorrência. Isso significa que as equipes de manutenção muitas vezes precisam aguardar que os problemas ocorram antes de intervir, o que pode levar a tempos de resposta mais longos e aumentar o risco de interrupções prolongadas na iluminação pública.

Falta de monitoramento em tempo real: A ausência de um sistema de monitoramento em tempo real dificulta a detecção precoce de falhas e a implementação de medidas corretivas antes que os problemas se tornem significativos. Isso resulta em maior tempo de inatividade e custos adicionais associados à resolução de avarias. Na figura abaixo, verifica-se um problema comum existente por falta de monitoramento em tempo real. Nota-se na imagem, que por alguma falha elétrica, as luminárias encontram-se acesas no período da manhã. A falta de monitoramento em tempo real não permitiu que houvesse algum alerta de falha de operação indevida da luminária em questão.



Figura 17 - Luminária acesa em período matinal

Fonte: (Própria, 2024)

Disponibilidade de peças de reposição: A disponibilidade de peças de reposição é um desafio significativo, especialmente em áreas onde os materiais não são prontamente acessíveis ou onde há atrasos no processo de aquisição devido a procedimentos burocráticos. Isso resulta em tempos de resposta mais longos para a resolução de avarias e prolonga as interrupções no sistema de iluminação pública.

Orçamento restrito: Restrições orçamentárias limitam os recursos disponíveis para a manutenção e melhoria do sistema de iluminação pública. Isso resulta em atrasos na aquisição de materiais, falta de investimento em tecnologias de monitoramento e dificuldades na contratação de pessoal qualificado. Exemplo deste problema, foi a situação observada durante o período de observação participante da área de estudo, em que um trecho significativo da mesma encontrava-se sem iluminação, e quando os técnicos responsáveis por esta área foram questionados, a justificação foi a falta de orçamento para adquirir o material necessário para corrigir o problema.

Variação na qualidade da iluminação: Devido à diversidade de tipos de luminárias e postes ao longo da rede, há variação na qualidade da iluminação em diferentes áreas. Isso afeta a segurança dos usuários da via e a percepção pública sobre a eficácia do sistema de iluminação pública.

Gestão de dados e informações: A falta de um sistema integrado de gestão de dados e informações dificulta a coleta, análise e utilização eficaz de informações sobre o desempenho do sistema. Isso limita a capacidade da REVIMO, SA de tomar decisões informadas e implementar melhorias proativas na gestão da iluminação pública.

Esses desafios e limitações destacam a necessidade de medidas para melhorar a eficiência, confiabilidade e eficácia do sistema atual de gestão de iluminação pública da REVIMO, SA em Moçambique.

Em resumo, embora o sistema de iluminação pública da REVIMO, SA apresente diversas qualidades e vantagens, também enfrenta desafios e limitações que requerem atenção e ações corretivas para melhorar sua eficácia e desempenho geral. A identificação e a mitigação desses pontos fracos contribuem significativamente para aprimorar a qualidade do serviço prestado e a satisfação dos usuários.

4. CAPÍTULO IV - ANÁLISE DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES PARA O PROBLEMA

No presente capítulo, serão analisadas diversas soluções técnicas para a gestão de avarias na iluminação pública, buscando uma abordagem eficaz e adaptável às estradas geridas pela REVIMO em Moçambique. Será discutida a implementação de um sistema supervisorio baseado em PLCs, detalhando seus componentes-chave e funcionalidades. Além disso, será abordada a adoção de um sistema integrado de fabricantes, com uma análise comparativa de opções disponíveis no mercado. Por fim, explorar-se-á a utilização de um sistema personalizado baseado em placas computacionais, destacando benefícios e desafios.

Espera-se oferecer uma análise completa das soluções disponíveis para melhorar a eficiência e segurança da iluminação pública.

4.1.Implementação de um sistema supervisorio com base em PLCs

Na gestão moderna da iluminação pública, a adoção de sistemas supervisorios baseados em Controladores Lógicos Programáveis (PLCs) destaca-se como uma potencial abordagem avançada e eficaz. Este sistema oferece uma solução tecnológica robusta e adaptável, que poderia contribuir significativamente para a segurança, eficiência energética e qualidade de vida das comunidades.

Os PLCs são reconhecidos por sua robustez em ambientes industriais adversos, o que poderia garantir confiabilidade mesmo em condições climáticas extremas, fundamental para assegurar a continuidade das operações de iluminação pública.

Além disso, a flexibilidade na programação dos PLCs permitiria potencialmente a adaptação do sistema de iluminação conforme as necessidades específicas das estradas geridas pela REVIMO em Moçambique, facilitando a implementação de lógicas de controle complexas.

O monitoramento em tempo real do status operacional das luminárias possibilitado pelo sistema supervisorio baseado em PLCs permitiria uma resposta rápida a eventos não programados, minimizando o tempo de inatividade e garantindo a disponibilidade constante da iluminação pública.

No entanto, é importante ressaltar que, até o momento, não há evidências concretas de implementação dessa solução específica em projetos de iluminação pública. Além disso, o

investimento inicial na implementação de um sistema supervisorio com base em PLCs poderia ser significativo, incluindo os custos dos dispositivos PLC, sensores, equipamentos de comunicação e infraestrutura de rede. A configuração e programação do sistema também podem ser complexas, exigindo conhecimento técnico especializado e tempo dedicado para o desenvolvimento, teste e comissionamento.

4.2. Adoção de um sistema supervisorio integrado de fabricantes

A adoção de sistemas supervisorios integrados fornecidos por fabricantes especializados emerge como uma alternativa robusta e abrangente para a gestão de avarias na iluminação pública. Esses sistemas consolidam todos os elementos necessários para uma gestão eficaz da iluminação pública em uma única plataforma, proporcionando funcionalidades avançadas e suporte técnico especializado.

Essa abordagem tem sido implementada com sucesso em diversos países ao redor do mundo, evidenciando sua eficácia e relevância. Por exemplo, em Barcelona, Espanha, a cidade adotou um sistema supervisorio integrado fornecido pela empresa XYZ Solutions, resultando em uma significativa melhoria na eficiência energética. Segundo relatórios da "Smart Cities Magazine" de 2020, a implementação desse sistema resultou em uma economia de energia de aproximadamente 25%, contribuindo significativamente para a sustentabilidade ambiental da cidade.

Da mesma forma, em Nova York, Estados Unidos, o Departamento de Transporte adotou um sistema similar, fornecido pela empresa ABC Technologies. Esta iniciativa resultou em ganhos substanciais em eficiência energética e redução de custos operacionais. De acordo com informações da "Government Technology" de 2019, a eficiência energética melhorou em cerca de 30%, enquanto os custos de manutenção foram reduzidos em aproximadamente 20%.

Esses exemplos destacam não apenas a eficácia dos sistemas supervisorios integrados na gestão da iluminação pública, mas também os benefícios tangíveis em termos de economia de energia e redução de custos operacionais. Além disso, esses sistemas oferecem funcionalidades avançadas, como monitoramento em tempo real, análise de dados e controle remoto, proporcionando às autoridades locais maior controle e visibilidade sobre a infraestrutura de iluminação.

É importante ressaltar que, embora esses sistemas ofereçam inúmeras vantagens, também apresentam desafios e limitações a serem considerados. O investimento inicial pode ser significativo, incluindo licenciamento de software, hardware e treinamento especializado. Além disso, a complexidade de implementação e a dependência em relação aos fornecedores podem ser obstáculos a serem superados. Para além disso, o sistema teria de ser otimizado, tendo por exemplo todos os postes contendo o mesmo tipo de luminárias para poder ser integrado este sistema. Isto implicaria um investimento ainda maior.

Em resumo, a adoção de sistemas supervisórios integrados representa um avanço significativo na gestão da iluminação pública, oferecendo benefícios substanciais em eficiência energética, redução de custos operacionais e melhoria da qualidade de vida nas cidades. Por meio de exemplos concretos e dados tangíveis, fica claro que esses sistemas têm o potencial de transformar positivamente o cenário da iluminação pública em todo o mundo.

4.3.Utilização de um sistema com base em placas computacionais

No contexto da gestão de avarias na iluminação pública, a utilização de um sistema baseado em placas computacionais emerge como uma alternativa inovadora e personalizável. Este tipo de sistema oferece uma abordagem flexível, permitindo a adaptação às necessidades específicas das estradas geridas pela REVIMO, SA. em Moçambique, enquanto oferece um alto nível de controle e monitoramento.

As placas computacionais, como Raspberry Pi ou Arduino, oferecem uma plataforma acessível e de baixo custo para desenvolver soluções customizadas de gestão de iluminação pública. Com a capacidade de programação e integração de sensores e dispositivos de controle, estas placas podem ser configuradas para monitorar o status operacional das luminárias, detetar falhas e realizar ações corretivas de forma automatizada.

Com base no avanço contínuo da tecnologia, esta solução oferece potencial pelas inovações recentes. Ao considerar as oportunidades proporcionadas por dispositivos tecnológicos modernos, mais acessíveis e repletos de recursos, torna-se evidente que uma abordagem baseada em placas computacionais poderia oferecer uma alternativa viável e eficiente para a gestão de avarias na iluminação pública.

A capacidade de aproveitar essas novas tecnologias de forma criativa e adaptá-las para atender às necessidades específicas de gestão de iluminação pública reflete uma tendência crescente na

busca por soluções mais eficientes e economicamente viáveis. O reconhecimento do potencial transformador dessas inovações emergentes levou à consideração séria da utilização de placas computacionais como uma solução promissora para o problema em questão.

As placas computacionais podem ser programadas para atender às necessidades específicas de cada área, permitindo a implementação de lógicas de controle sob medida. Por exemplo, é possível ajustar os horários de ligar e desligar das luminárias com base em padrões de tráfego locais, otimizando assim o consumo de energia.

Além disso, a utilização de placas computacionais oferece uma solução de baixa manutenção, uma vez que os componentes são geralmente robustos e de fácil substituição. Isso pode contribuir para a redução dos custos operacionais a longo prazo, tornando esta opção particularmente atrativa para áreas com recursos limitados.

4.4.Comparação e tomada de decisão

Para realizar uma análise comparativa das três soluções anteriormente discutidas para a gestão de iluminação pública, será avaliada cada solução observando as suas vantagens e desvantagens, e é crucial considerar diversos fatores antes de tomar uma decisão final. A comparação abordará aspetos como robustez, flexibilidade, custo, facilidade de implementação e potencial de eficiência energética. Com base nessa análise, será possível identificar a opção mais adequada para atender às necessidades específicas das estradas geridas pela REVIMO em Moçambique.

Tabela 8.1 – Tabela comparativa das possíveis soluções

	PLCs	Sistema Integrado de Fabricantes	Placas Computacionais
VANTAGENS	- Robustez e confiabilidade	- Funcionalidades pré-configuradas	- Baixo custo de aquisição
	- Flexibilidade na programação	- Suporte técnico especializado	- Facilidade de instalação e manutenção
	- Monitoramento em tempo real	- Experiência de fabricantes renomados	- Eficiência energética e sustentabilidade

Fonte: Própria, 2024

Tabela 9.2 – Tabela comparativa das possíveis soluções (cont.)

VANTAGENS	- Integração com sensores	- Potencial para personalização	- Redução de custos de energia e manutenção
	- Controle dinâmico da iluminação		- Possibilidade de automação de processos
DESVANTAGENS	- Custo inicial elevado	- Custo inicial mais elevado por ser necessário otimizar outros sistemas	- Limitações de processamento para aplicações complexas
	- Complexidade de implementação	- Dependência de fornecedores	- Limitações de escala para grandes sistemas
	- Dependência de fornecedores	- Menor flexibilidade para personalização	- Potencial para problemas de compatibilidade
	- Requer equipe técnica especializada	- Requer treinamento específico	- Riscos de segurança cibernética

Fonte: Própria, 2024

A solução com base em placas computacionais emerge como a opção mais vantajosa para a gestão de iluminação pública em Moçambique. Enquanto as outras soluções apresentam vantagens, como robustez e confiabilidade para PLCs e experiência de fabricantes renomados para sistemas integrados, as placas computacionais se destacam pela sua acessibilidade financeira para instalação em curto/medio prazo, facilidade de instalação e manutenção, e potencial para eficiência energética. Com um custo inicial significativamente mais baixo e uma flexibilidade de personalização que atende às necessidades específicas das estradas geridas pela REVIMO, as placas computacionais oferecem uma solução económica e eficaz para melhorar a gestão de iluminação pública, garantindo segurança, eficiência energética e qualidade de vida para as comunidades locais.

5. CAPÍTULO V - DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA PROPOSTO

Neste capítulo, será abordado o processo de criação e implementação do sistema proposto para a melhoria da iluminação pública. Neste capítulo, detalhar-se-á os passos seguidos para programar e configurar os componentes do sistema, as especificações técnicas dos dispositivos utilizados e outros aspetos relevantes relacionados ao desenvolvimento e implementação do sistema.

Serão discutidos os principais componentes do sistema, as etapas de programação e configuração, além das especificações técnicas detalhadas dos dispositivos utilizados.

5.1. Descrição do funcionamento do sistema

No processo de concepção do sistema proposto, o foco principal é solucionar os desafios enfrentados pela infraestrutura de iluminação pública (IP) na área de estudo.

Antes de demonstrar os passos seguidos no processo de programação, integração de dispositivos e configuração do sistema, é importante conhecer a lógica teórica por trás do algoritmo a ser criado para o presente trabalho.

O sistema será composto por um conjunto de placas computacionais Raspberry Pi que serão programadas a partir do software CODESYS que será instalado em cada um deles.

A lógica consistirá de um contador de tempo que irá acionar o sistema apenas nas horas programadas para sua operação (das 18:00h às 06:00h da manhã). Este contador de tempo poderá ser ajustado para operar por mais ou menos tempo, dependendo da estação do ano.

Assim que o sistema receber o sinal para o seu acionamento, irá enviar sinais de comando para que as luminárias sejam acesas à 100% da sua capacidade.

É previsto que o sistema funcione nessas condições por apenas 4 horas (das 18:00h às 22:00h) que são predefinidas pelo programa como horas críticas pelo alto fluxo de tráfego de veículos e pedestres.

Passado este tempo, o sistema deve automaticamente reduzir a luminosidade das luminárias para 50% da sua capacidade máxima, e operar nestas condições por 3 horas (das 22:00h à 01:00h), por ser considerado pelo sistema, como horas de médio e pouco trânsito.

Por fim, operará o sistema a 25% da sua capacidade máxima no último período de 5 horas (01:00h às 06:00h) condicionalmente. A condição que irá garantir que a luminosidade intensifique será a passagem de veículos pela estrada. Sendo assim, serão montados conjuntos de sensores óticos em diferentes secções da área de estudo, que indicarão ao sistema a possibilidade de algum veículo que esteja a movimentar-se em direção as estradas com IP reguladas pelo presente sistema. Assim que o sistema receber estes sinais, ira intensificar a luminosidade até 50% da sua capacidade nesta região específica por um tempo determinado e de seguida voltará a baixar a luminosidade para 25%.

É importante citar que nem todas as luminárias instaladas no presente sistema são dimerizáveis (luminária de vapor de sódio não é dimerizável), sendo assim, como alternativa, no período em que a intensidade luminosa deve estar a 50%, será usada a estratégia de desligar as luminárias dos postes de forma intercalada, deixando um poste com as duas luminárias ligadas e o poste seguinte com as luminárias desligadas e assim sucessivamente. Já quando for para baixar ainda mais a luminosidade (para 25%), a cada 3 postes, 2 terão as suas luminárias desligadas, isto é, de três postes, o primeiro terá as luminárias ligadas, mas o segundo e o terceiro não, e assim sucessivamente.

Para além da programação com a finalidade de automatizar o ligamento/desligamento e dimerização das luminárias, haverá também um sistema de supervisão e controle, que a partir das fotocélulas embutidas nas luminárias, será capaz de fornecer dados em tempo real do estado atual das luminárias, sistema este que também terá a capacidade de enviar relatórios diários da operação do sistema, e auxiliará no processo de deteção e correção de falhas.

De seguida será detalhado que procedimentos foram seguidos, de modo a garantir o funcionamento acima descrito.

5.2. Seleção de componentes e arquitetura do sistema

Na conceção do sistema proposto para a automação e controle da iluminação pública na área de estudo, a escolha dos componentes é essencial para garantir a eficiência, confiabilidade e funcionalidade do sistema como um todo. Abaixo serão descritos os componentes e tecnologias selecionados para o presente sistema, incluindo as especificações técnicas, e também será descrita a arquitetura que o sistema terá.

5.2.1. Tecnologias específicas utilizadas

A escolha da placa computacional Raspberry Pi como componente central do sistema oferece uma solução flexível e de baixo custo para implementar a automação da IP. A Raspberry Pi possui um processador ARM de alto desempenho e memória RAM suficiente para executar o software de controle necessário e permite programar a placa como se fosse um PLC. Além disso, suas 40 portas GPIO (General Purpose Input/Output) permitem a conexão de sensores e atuadores para acionar as luminárias de acordo com a necessidade. As saídas PWM (Pulse Width Modulation) podem ser empregues como saídas analógicas para diferentes tipos de aplicações.

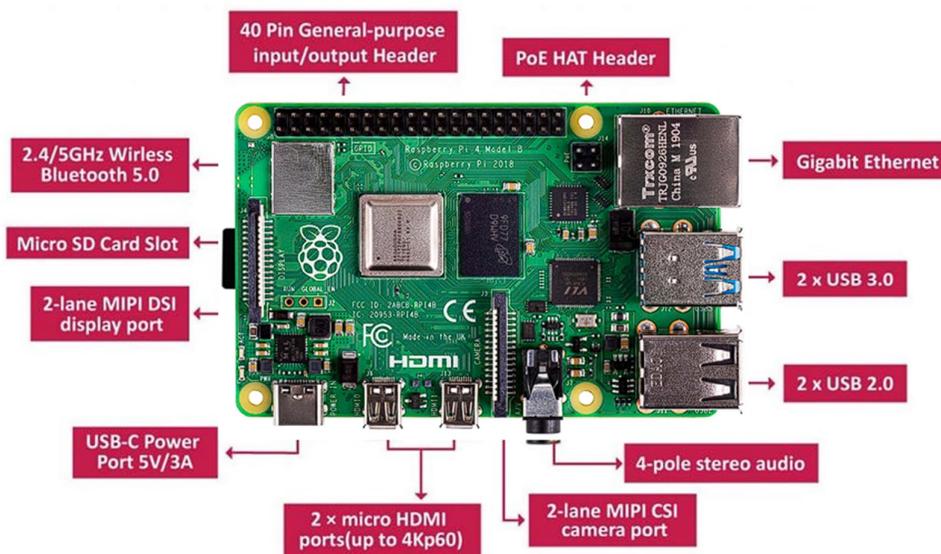


Figura 18 - Componentes da placa computacional Raspberry Pi

Fonte: (Raspberry Pi, 2019)

Como pode ser visto, este dispositivo apresenta limitações em termos de quantidade de variáveis de entrada e saída, o que faz com que seja necessário que vários dispositivos sejam usados, para garantir o funcionamento previsto para todo o sistema.

O uso do software CODESYS como plataforma de desenvolvimento oferece uma interface familiar, permitindo a criação de lógicas de controle robustas utilizando linguagem de diagrama de blocos (FBD). Isso facilita o treinamento do pessoal de manutenção e operação, que garante uma transição suave para o novo sistema.

Além disso, novas fotocélulas serão instaladas dentro das luminárias para detetar se a lâmpada está ligada ou não, para facilitar a deteção de avarias e problemas de funcionamento.



Figura 19 - Fotocélula por instalar

Fonte: (Mercado Livre, 2024)

Os dispositivos dimmer, e sensores óticos fornecem os dados necessários para ajustar dinamicamente a iluminação de acordo com as condições ambientais e de tráfego. A integração desses componentes permite uma resposta rápida e precisa às mudanças nas condições externas, garantindo uma iluminação adequada em todos os momentos.

O software ScadaBR será utilizado para visualizar e monitorar todo o processo do sistema. Ele permitirá que os operadores acompanhem em tempo real o funcionamento das luminárias, identifiquem áreas com falhas ou problemas e tomem medidas corretivas rapidamente. A integração entre os sensores e o software ScadaBR será realizada por meio de switches de comunicação usando o protocolo MODBUS RS-485 e TC/IP, garantindo uma comunicação eficiente e confiável entre os dispositivos.

5.2.2. Arquitetura geral do sistema

Tendo em conta as limitações dos dispositivos selecionados para este sistema, optou-se por subdividir toda a extensão de IP da área de estudo em 15 partes diferentes (secções).

Sabendo que o sistema é composto por um total de 1490 luminárias, 100 luminárias serão distribuídas uniformemente pelas 15 secções (com exceção da última secção que será composta por apenas 90 luminárias).

A tabela abaixo faz uma pequena descrição da quantidade dos diversos tipos de luminárias distribuídas pelas 15 secções.

Tabela 8 - Distribuição das luminárias pelas diferentes secções

	BEKA 278W	Philips 150W	Philips 80W
Secção 1	76	24	0
Secção 2	0	100	0
Secção 3	50	50	0
Secção 4	100	0	0
Secção 5	100	0	0
Secção 6	100	0	0
Secção 7	100	0	0
Secção 8	100	0	0
Secção 9	100	0	0
Secção 10	100	0	0
Secção 11	38	0	62
Secção 12	0	0	100
Secção 13	0	0	100
Secção 14	0	0	100
Secção 15	0	0	90
TOTAL	864	174	462
	1490 luminárias		

Fonte: Própria, 2024

A arquitetura do sistema é também projetada para ser modular e escalável, permitindo a integração de novos sensores e atuadores conforme necessário. As fotocélulas são instaladas em locais estratégicos para monitorar a luminosidade (presença ou não da luz). Os sensores óticos são utilizados para determinar a direção do tráfego e otimizar a iluminação em áreas específicas da via pública.

Os dados coletados pelos sensores são processados pela Raspberry Pi, que utiliza algoritmos específicos para ajustar a intensidade da iluminação de acordo com as condições detetadas. Os dispositivos dimmer são controlados para variar a intensidade luminosa das luminárias de forma dinâmica, proporcionando economia de energia sem comprometer a segurança.

5.2.3. Métodos de comunicação

A comunicação entre os dispositivos do sistema é realizada utilizando switches e o protocolo MODBUS via cabo Ethernet. Esta abordagem oferece uma comunicação confiável e de baixa latência, permitindo uma integração eficiente de todos os componentes do sistema.

A utilização de switches permite a criação de uma rede robusta e escalável, capaz de lidar com grandes volumes de dados em tempo real. O protocolo MODBUS é amplamente utilizado na indústria de automação devido à sua simplicidade e eficiência, garantindo uma comunicação estável e segura entre os dispositivos.

5.2.4. Recursos de monitoramento e controle

Os operadores do sistema têm acesso a uma interface de monitoramento e controle das diferentes secções que permite visualizar o estado da iluminação pública em tempo real. Esta interface é desenvolvida utilizando o software ScadaBR, que oferece recursos avançados de visualização e análise de dados.

Através desta interface, os operadores podem monitorar o funcionamento do sistema, receber alertas em caso de falhas ou anomalias e realizar ajustes conforme necessário. Além disso, eles têm a capacidade de controlar manualmente a iluminação pública e realizar intervenções de manutenção quando necessário.

5.2.5. Relato de problemas e intervenções de manutenção

Os usuários têm a capacidade de relatar problemas de iluminação pública através do sistema, que gera automaticamente alarmes de alerta em caso de falhas ou anomalias. Estes alarmes são

enviados para os operadores do sistema, que podem investigar a causa do problema e tomar as medidas necessárias para corrigi-lo.

As intervenções de manutenção são agendadas com base nos dados coletados pelo sistema, levando em consideração o tempo de operação das luminárias e os alertas de manutenção gerados. Os engenheiros de manutenção recebem notificações sobre as tarefas pendentes e utilizam códigos específicos para fazer o reset dos alarmes após a conclusão da manutenção.

5.2.6. Mecanismos de feedback e relatórios

O sistema regista informações detalhadas sobre o desempenho da iluminação pública, incluindo horas de operação, consumo de energia e custos associados. Estes dados são utilizados para gerar relatórios periódicos que permitem acompanhar o desempenho do sistema ao longo do tempo.

Os relatórios incluem análises comparativas entre períodos diferentes, identificando tendências e padrões que podem indicar áreas de melhoria. Esta informação é valiosa para otimizar a operação do sistema, reduzir os custos operacionais e melhorar a qualidade do serviço prestado à comunidade.

5.3. Integração de dispositivos e Programação

Passando à fase de programação, é necessário ter em conta a arquitetura prevista para o presente sistema. De acordo com a arquitetura, é possível estimar a carga máxima necessária por secção, que irá ser útil no dimensionamento e integração de dispositivos. Tendo corretamente dimensionado os dispositivos a ser acoplados a este sistema, já é possível proceder com uma programação correta, tendo em conta todos os dispositivos e variáveis de entrada e saída que compreendem a cada secção.

5.3.1. Integração e dimensionamento de dispositivos atuadores

Os atuadores que farão parte deste sistema são contadores bipolares simples para o acionamento das luminárias, estes virão substituir as fotocélulas atualmente instaladas, e dispositivos dimmer.

Usando a Tabela 8 como referência, já se sabe que o sistema será dividido em 15 secções, e tem-se também dados das quantidades dos diferentes tipos de luminárias por secção.

Deste modo, conhecendo as especificações técnicas destes dispositivos, e conhecendo a carga de cada luminária pode-se saber quantos atuadores diferentes serão necessários e conseqüentemente a quantidade de placas computacionais Raspberry Pi suficientes para poder garantir a operação segura do sistema.

Em secções com tipos de luminárias diferentes, é necessário fazer o cálculo da quantidade de atuadores por secção separando os diferentes tipos de luminárias, pois a programação para os diferentes tipos de luminária difere no fator dimerização. Os contadores ligados às luminárias de vapor de sódio, não serão ligados à dispositivos dimmer, pois não são luminárias dimerizáveis. Serão, entretanto, conectados à pequenos dispositivos elevadores de tensão disponíveis no mercado (3V – 12V) uma vez que os níveis de tensão disponíveis nas GPIO das placas computacionais não são fortes o suficiente para acionar um contator com uma bobina de 12V.



Figura 20 - Mini elevador de tensão 3V - 12V

Fonte: (AliExpress, 2024)

Por se tratar de um sistema que lida com tensões baixas, todos os dispositivos serão dimensionados com vista a garantir maior compatibilidade possível. Por isto, foi escolhido o contator bipolar da marca Hechsen cujas especificações técnicas podem ser encontradas no anexo 1. Ele possui as seguintes principais especificações técnicas:

- Tensão da bobina $\rightarrow U_b = 12V$.
- Tensão máxima de operação $\rightarrow U_{maxc} = 250V$.
- Corrente máxima de carga $\rightarrow I_{maxc} = 25A$.

Com estes dados, pode-se calcular a carga máxima suportada por cada contator:

- Carga máxima do contator $\rightarrow P_{maxc} = U_{maxc} \times I_{maxc}$ (5.1)

$$P_{maxc} = 250V \times 25A$$

$$P_{maxc} = 6250W$$

A carga máxima suportada por cada contator é de 6250W.

O mesmo exercício pode ser realizado para identificar a carga máxima suportada pelo dispositivo dimmer da marca Microtech, modelo MC-8A com as seguintes características:

- Tensão máxima de operação $\rightarrow U_{maxd} = 220V$.
- Corrente máxima de carga $\rightarrow I_{maxd} = 8A$.
- Carga máxima do dimmer $\rightarrow P_{maxd} = U_{maxd} \times I_{maxd}$ (5.2)

$$P_{maxd} = 220V \times 8A$$

$$P_{maxd} = 1760W$$

A carga máxima suportada por cada módulo dimmer é de 1760W.

Assim sendo, pode-se determinar também a quantidade máxima de luminárias que cada atuador pode suportar:

Tabela 11 - Quantidade de luminárias suportadas por cada atuador

Formulas/Luminárias	BEKA 278W	Philips 150W	Philips 80W
contatores $\frac{P_{maxc}}{P_L}$	$\frac{6250W}{278W} = 22,48$ ≈ 22	$\frac{6250W}{150W} = 41,67$ ≈ 41	$\frac{6250W}{80W} = 78,13$ ≈ 78
módulos dimmer $\frac{P_{maxd}}{P_L}$	N/A	$\frac{1760W}{150W} = 11,73$ ≈ 11	$\frac{1760W}{80W} = 22$

Fonte: Própria, 2024

Por fim, conhecendo as capacidades dos atuadores, é possível quantificar cada um deles de acordo com a sua aplicação em cada secção do sistema.

Tabela 10 - Quantidades de atuadores e controladores por secção

	BEKA 278W	Philips 150W	Philips 80W	Dimmer	Contator	R. Pi
Secção 1	76	24	0	3	5	1
Secção 2	0	100	0	10	4	2
Secção 3	50	50	0	5	5	1
Secção 4	100	0	0	0	6	1
Secção 5	100	0	0	0	6	1
Secção 6	100	0	0	0	6	1
Secção 7	100	0	0	0	6	1
Secção 8	100	0	0	0	6	1
Secção 9	100	0	0	0	6	1
Secção 10	100	0	0	0	6	1
Secção 11	38	0	62	3	3	1
Secção 12	0	0	100	5	2	1
Secção 13	0	0	100	5	2	1
Secção 14	0	0	100	5	2	1
Secção 15	0	0	90	5	2	1
TOTAL	864	174	462	41	67	16
	1490 luminárias					

Fonte: Própria, 2024

O cálculo mais bem detalhado das quantidades dos atuadores e controladores necessários por secção pode ser encontrado no anexo 2.

5.3.2. Configuração

Antes de dar início ao processo de programação, primeiramente os softwares devem ser instalados e devidamente configurados de modo que a compatibilidade entre os mesmos seja garantida.

Existe um conjunto de passos que devem ser seguidos para instalar e inicializar o sistema operativo Raspberry Pi OS na placa computacional. Estes passos encontram-se disponíveis no próprio site oficial da Raspberry Pi de forma gratuita (Anexo 3).

Uma vez tendo o sistema operativo funcional na placa computacional, passa-se a fase seguinte, que é instalar e configurar o software de programação CODESYS para que seja compatível com a placa computacional. Este passo é essencial, pois as placas computacionais usam mais comumente linguagens de programação mais complexas como Python, C/C++, Java, entre outras. Para garantir um sistema facilmente compreendido pelo pessoal que realizará o uso diário do sistema, recorre-se então ao CODESYS.

Sendo assim, em um computador auxiliar, instala-se o software de programação, e de seguida deve-se baixar e instalar dentro do software o pacote “CODESYS Control for Raspberry Pi SL”, que se encontra igualmente disponível no site oficial da CODESYS de forma gratuita.

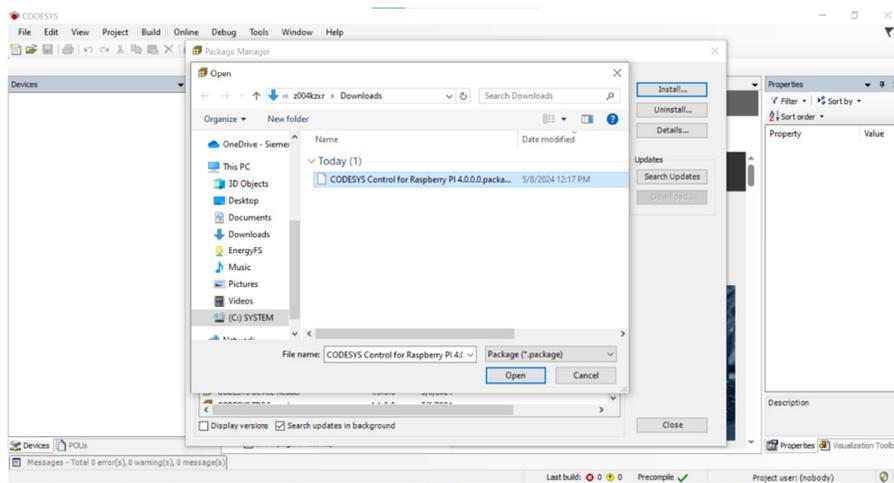


Figura 21 - Instalação do pacote de compatibilidade com a placa computacional.

Fonte: Própria, 2024

Ainda no computador auxiliar, após instalar-se o pacote de compatibilidade com a placa computacional, conecta-se usando um cabo Ethernet a placa computacional ao computador

auxiliar, e a partir deste seguem-se os seguintes passos para instalar o software na Raspberry Pi:

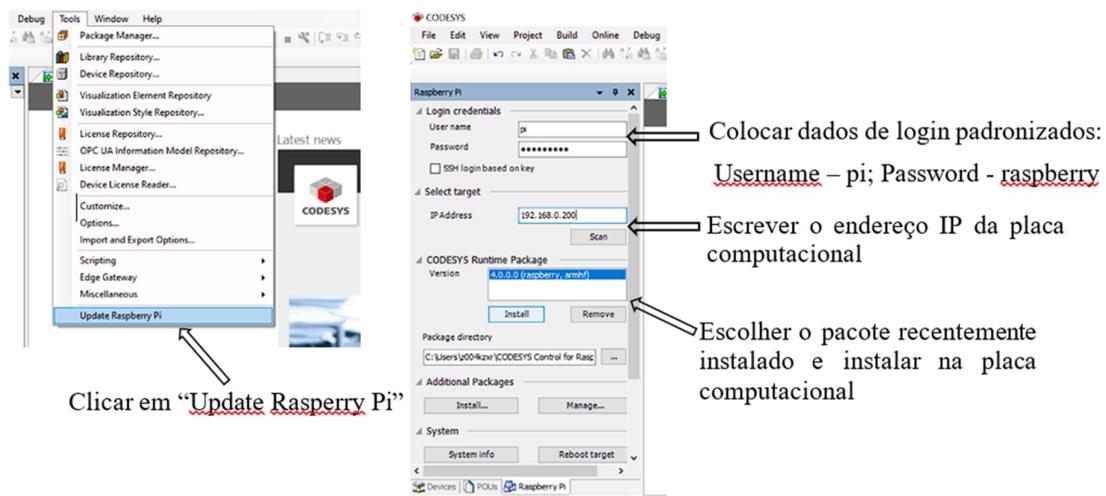


Figura 22 - Passos para instalar o software de programação na placa computacional

Fonte: Própria, 2024

Tendo todas as configurações devidamente feitas, pode passar-se a fase seguinte.

5.3.3. Programação

Nesta etapa, já se pode criar um projeto no computador auxiliar em CODESYS, para este programa ser executado pela placa computacional.

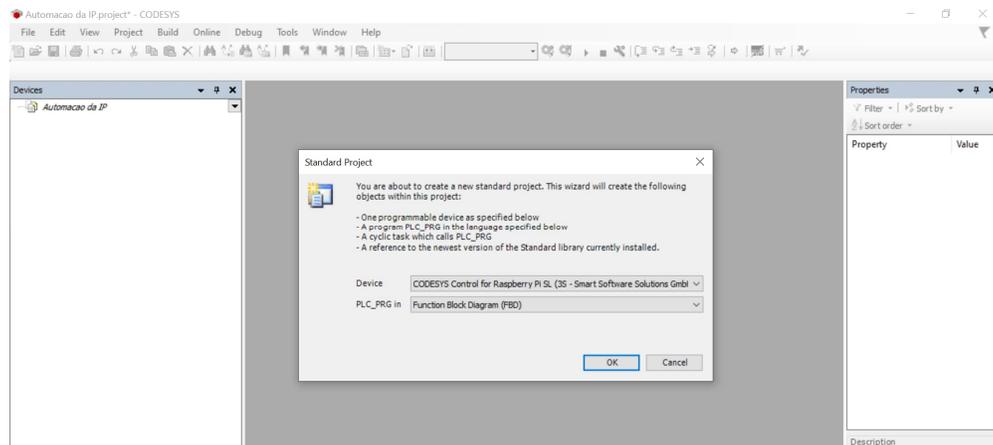


Figura 23 - Criação do projeto a ser executado pela placa computacional

Fonte: Própria, 2024

- **Definição de variáveis**

Depois de criar o projeto, é necessário definir variáveis, de modo que estas sejam devidamente endereçadas, evitando assim falhas no processo de criação do programa.

Foi já mencionado que o presente projeto seria dividido em 15 secções diferentes. Idealmente, cada secção seria programada em apenas uma SBC, entretanto, após a execução de todas as configurações, verifica-se que apesar de cada SBC possuir 40 pinos GPIO, nem todos eles podem ser usados como variáveis de entrada e saída. Alguns destes pinos, estão pré-configurados para diversas utilidades, como por exemplo para fonte de tensão 3,3V e 5V, e também para protocolos de comunicação entre 2 ou mais SBC, entre outros. Deste modo, para a segunda secção, a programação será feita em 2 dispositivos Raspberry pi, pelo excesso de variáveis de entrada e saída necessárias.

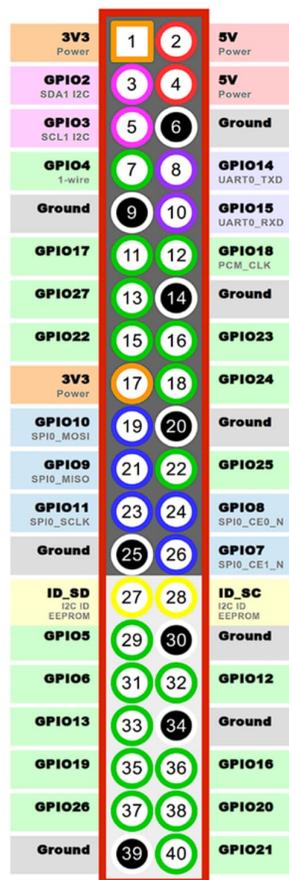


Figura 24 - Arranjo físico e disposição das GPIO da Raspberry Pi

Fonte: (Raspberry Pi, 2019)

Tendo em conta a ilustração acima, apenas 17 GPIO podem ser usadas como variáveis de entrada ou saída para cada dispositivo Raspberry pi.

Para que o software reconheça uma GPIO como variável de entrada ou saída, ela tem de ser não só definidas, mas também atribuídas o valor de designação (designação para variável de entrada/saída).

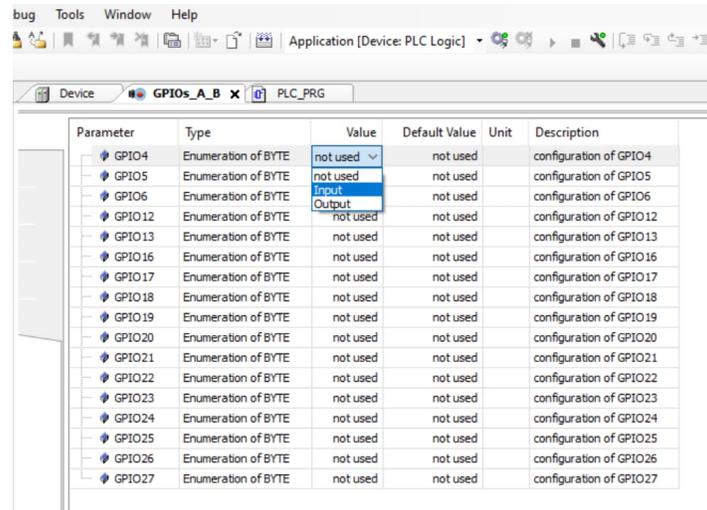


Figura 25 - Atribuição de valor a GPIO

Fonte: Própria, 2024

De seguida procede-se com a atribuição de nomes as variáveis de entrada e saída, para um fácil reconhecimento no momento de escrever o programa.

A lista completa de definição de varáveis por secção pode ser encontrada no anexo 4 do extrato de todo o programa.

- **Execução do algoritmo**

O passo seguinte na programação, é a estruturação lógica em FBD.

A lógica consiste de um bloco da biblioteca do CODESYS que desempenha a função de mostrar a data e hora, de acordo com o dispositivo no qual está instalado. Este bloco associado a outros, que realizam o reconhecimento da hora atual e executam comandos como consequência da hora em questão.

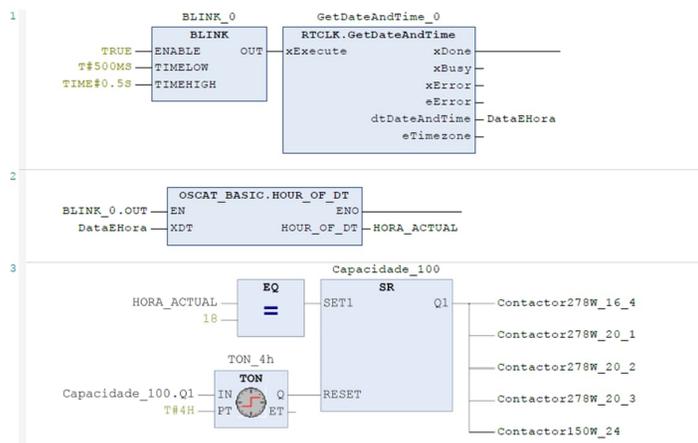


Figura 26 - Extrato da programação (secção 1) contendo blocos responsáveis por recolher data e hora

Fonte: Própria, 2024

Como pode ser visto na imagem acima, foi implementado um bloco SR que mantém todas as luminárias acesas na sua capacidade máxima a partir das 18h, e este bloco é recetado assim que se passam 4 horas. Fim destas, inicia o processo de redução de luminosidade para 50% da sua capacidade, no intervalo de 3 horas.

Para o processo de dimerização, já havia sido mencionado que seriam instalados dispositivos dimmer. Tendo em conta a figura 7 deste trabalho, existem 4 pontos deste dispositivo que devem ser ligados ao SBC, os pontos Vcc e GND, que devem ser ligados aos pinos de fonte de alimentação de 3,3V ou 5V e GND respetivamente.

O ponto Zc, deve ser ligado a um pino GPIO configurado para ser input, de modo informe ao sistema sempre que a onda sinusoidal da rede passar pelo ponto zero.

O pondo Dim deve ser ligado a um pino GPIO configurado para ser output, de modo que envie um sinal para a lâmpada ser acesa, com um ligeiro atraso, que vai ter como consequência o ato de dimerização.

Tendo em conta que para a rede elétrica da área de estudo o ponto Zc envia um sinal ao sistema a cada 10 milissegundos, quer dizer que para realizar uma dimerização para que as cargas estejam a 50% da sua capacidade, o sinal enviado ao ponto dim tem de ter um atraso de 5 milissegundos, e para 25% da capacidade, o sinal deve ter um atraso de 7,5 milissegundos.

Já para as lumiarías não dimerizáveis, apenas devem ser desligados os contadores que as acionam de forma intercalada (quando possível a montagem deve também ser feita de tal forma que 3 luminárias seguidas estejam ligadas a 3 contadores diferentes).

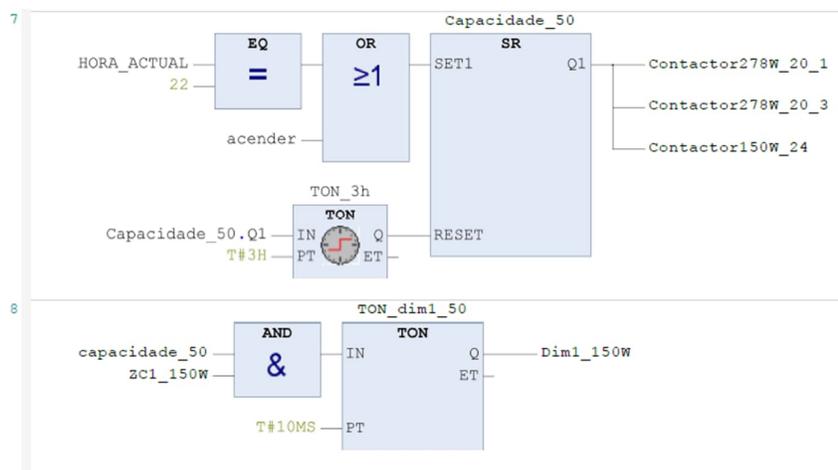


Figura 27 - Extrato da programação (secção 1) contendo programação de redução de luminosidade

Fonte: Própria, 2024

Por conseguinte, a última etapa da lógica de programação, a verificação da direção da viatura, para que o grau de luminosidade seja aumentado durante as horas programadas para que a IP opere a uma capacidade de 25%.

Para isto, a estratégia criada foi a implementação de um conjunto de 5 sensores óticos, que estariam instalados entre o passeio e a parte central da via, distanciados a 1 metro de cada um, e instalados 200 metros antes da área da secção especifica, para dar tempo de o sistema aumentar a luminosidade antes que o veículo atinja a área. Foram usados temporizadores e blocos SR, para garantir o a intensificação da luminosidade por um período de 5 minutos por secção, que é o tempo mínimo atribuído para que um veículo atravesse uma determinada secção. Uma melhor ilustração do processo encontra-se no anexo 4.

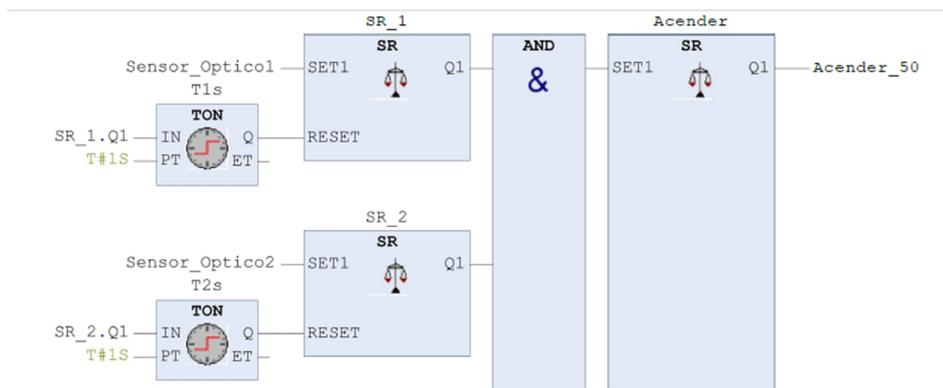


Figura 28 - Extrato da programação (secção 1) contendo as condições para intensificar a luminosidade

Fonte: Própria, 2024

- **ScadaBR**

Para este sistema, optou-se por recorrer ao ScadaBR para a parte de supervisão contínua e emissão de relatórios diários, pois é um software de fácil manuseio que permite obter uma visualização mais realística de sistemas automatizados.

Tendo sido feita esta escolha, é necessário também definir como este sistema irá receber os dados da rede de IP e fazer a supervisão contínua.

O ScadaBR fornece uma vasta gama de protocolos de comunicação compatíveis com ele, e para o presente trabalho foi selecionado o protocolo MODBUS Ethernet TCP/IP, pela possibilidade que este protocolo tem de albergar uma enorme quantidade de informação para ser transmitida.

A informação colhida das fotocélulas previstas para serem montadas dentro das luminárias para detetar o seu funcionamento devido, será captada por um módulo RS-485. Este módulo foi escolhido pela facilidade de instalação e compatibilidade para ser convertido em protocolo de comunicação MODBUS a partir de um cabo Ethernet.



Figura 29 - RS-485 com 16 entradas digitais

Fonte: (AliExpress, 2024)

Apesar deste dispositivo apresentar uma limitação na quantidade de variáveis de entrada que pode receber, por este poder usar o cabo Ethernet como protocolo de comunicação, através de switches é possível reunir toda a informação em um só dispositivo, e enviar em conjunto para o sistema de supervisão.



Figura 30 - Dispositivo Switch

Fonte: (AliExpress, 2024)

No ambiente do software ScadaBR pode-se então estabelecer esta comunicação entre os sensores e o sistema supervisor a partir do protocolo MODBUS por cada secção, chamar e identificar corretamente cada luminária, de acordo com o seu endereço de IP, e monitorar caso haja alguma luminária não funcional ou defeituosa.

É possível também fazer um design gráfico personalizado de como este sistema será visualizado. Para este trabalho, um pequeno sketch foi feito usando o software Dialux, e o extrato do desenho foi colocado como base de visualização do sistema supervisor.

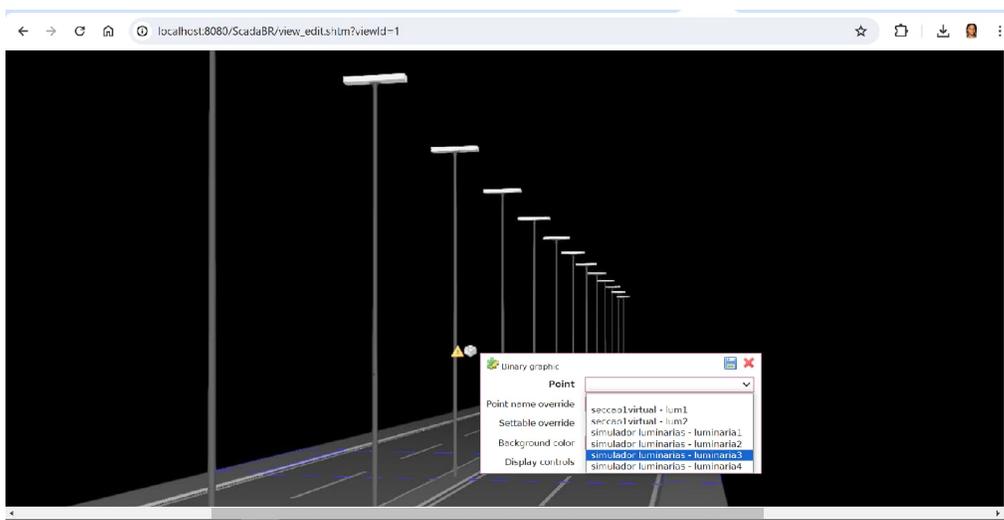


Figura 31 - Design gráfico em ScadaBR

Fonte: Própria, 2024

5.4. Testes e validação

Para os testes e validação do sistema proposto, buscou-se verificar a eficácia e confiabilidade das funcionalidades desenvolvidas. Devido à indisponibilidade de acesso a uma placa computacional Raspberry Pi para testes práticos, foi prevista a realização de simulações no ambiente do software CODESYS para verificar o acionamento das luminárias e a operação da

lógica programada, entretanto, quando a configuração do CODESYS é feita para interagir com placas computacionais, não permite realizar simulações.

Como alternativa, criou-se um projeto para testar a funcionalidade do programa, com algumas alterações relativas a configuração do hardware, e conseqüentemente pequenas alterações ao programa, mas ainda com o mesmo algoritmo de execução.

Foi possível visualizar, a partir de manipulação de dados em jeito de simulação, verificar que o programa é sim funcional, o que atribui uma maior credibilidade ao sistema projetado.

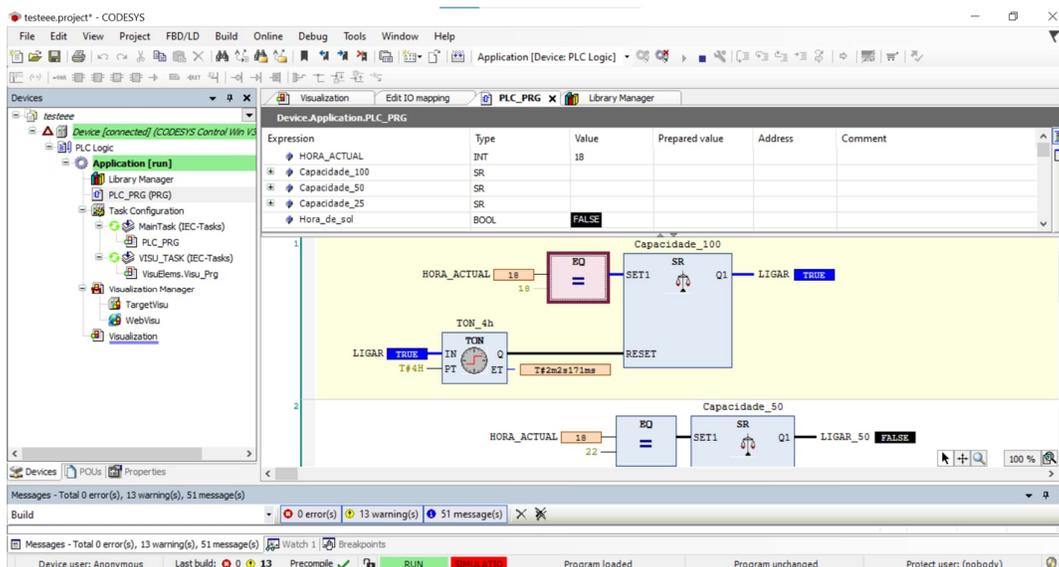


Figura 32 - Simulação da execução do programa pela placa computacional

Fonte: Própria, 2024

Para além desta, simulou-se também através de um software simulador de MODBUS Ethernet TCP/IP, a receção dos sinais digitais para o sistema supervisor, podendo assim visualizar o seu funcionamento correto.

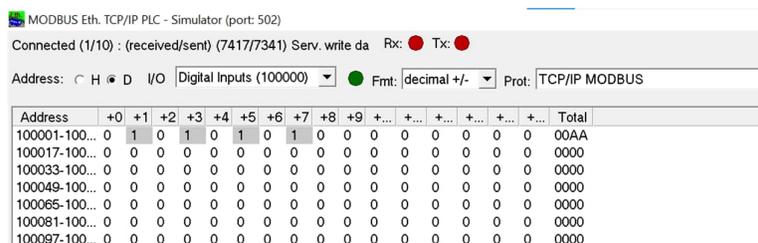


Figura 33 - Simulação do envio de dados pelo software de simulação MODBUS

Fonte: Própria, 2024

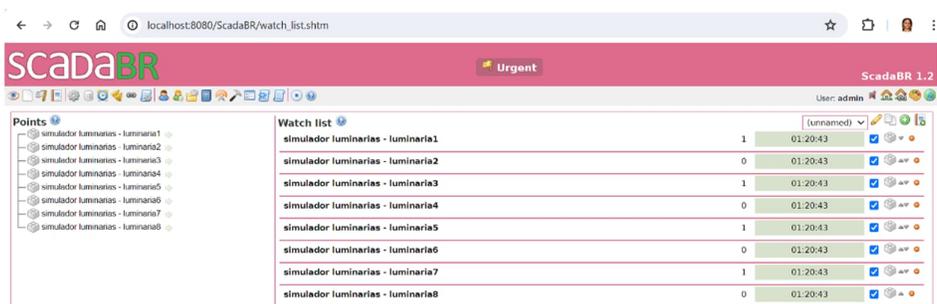


Figura 34 - Receção de dados pelo ScadaBR

Fonte: Própria, 2024

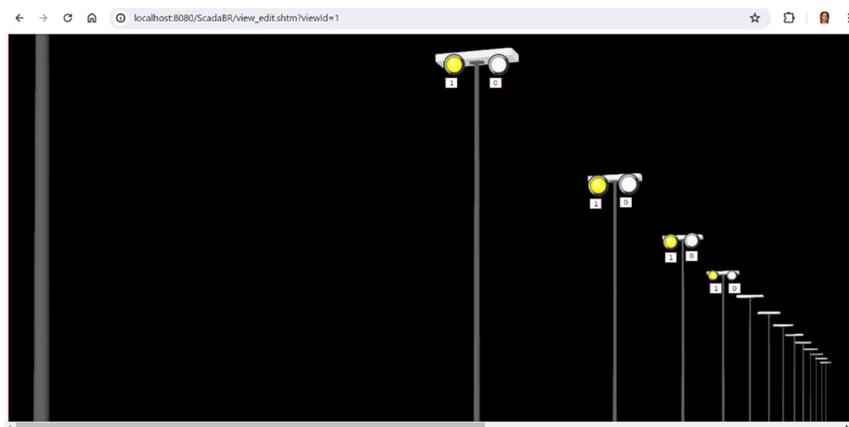


Figura 35 - Representação gráfica em ScadaBR

Fonte: Própria, 2024

Por fim, testou-se a funcionalidade de envio de relatórios.

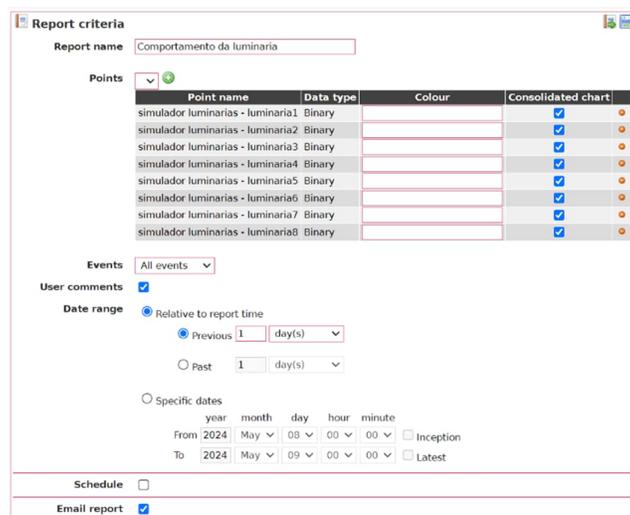


Figura 36 - Teste de envio de relatórios diários

Fonte: Própria, 2024

Embora não tenham sido realizados testes práticos em campo devido à falta de acesso aos dispositivos físicos, as simulações no ambiente CODESYS permitiram uma avaliação suficiente do comportamento do sistema. Durante essas simulações, foram verificados o acionamento das luminárias de acordo com os horários.

5.5. Estudo de viabilidade

No estágio de estudo de viabilidade do sistema proposto, foram realizadas análises financeiras e avaliações de eficiência energética para determinar a viabilidade econômica e operacional da implementação do projeto.

5.5.1. Cálculo dos novos gastos mensais em energia

Agora será realizado um estudo detalhado recalculando os gastos mensais tendo em conta os ajustes de potência consumida pelo sistema de IP que reduziu consideravelmente, e estes gastos serão comparados aos do sistema existente.

Ter-se -á em consideração que durante a operação do sistema otimizado garanta-se que as luminárias operem em média da seguinte forma:

Tabela 11 - Estimativa da carga e tempo de operação das luminárias

Duração diária	Capacidade
4 horas	100%
5 horas	50%
3 horas	25%

Fonte: Própria, 2024

De acordo com os cálculos realizados no capítulo 3, o custo total diário gasto com a IP é:

$$C_{TD} = 18.149,88Mt$$

Sabendo que a hora media de funcionamento deste sistema é de 12h, pode-se também obter o custo total por hora, dividindo o valor acima por 12.

$$C_{TH} = 1.512,49Mt$$

Refazendo a tabela, temos:

Tabela 14 – Cálculo do custo diário com a implementação do novo sistema

Duração diária	Capacidade	Custo total
4 horas	100%	$4 \times 1 \times 1.512,49Mt = 6.049,96Mt$
5 horas	50%	$5 \times 0,5 \times 1.512,49Mt = 3.782,26Mt$
3 horas	25%	$3 \times 0,25 \times 1.512,49Mt = 1.134,37Mt$
Total		10.966,59Mt

Fonte: Própria, 2024

Tendo os custos diários gastos por ambos os sistemas, pode-se calcular a diferença percentual entre eles.

$$\frac{C_{TDA} - C_{TDN}}{C_{TDA}} \times 100\% \quad (5.3)$$

$$\frac{18.149,88Mt - 10.966,59Mt}{18.149,88Mt} \times 100\% = 39,57\%$$

Onde:

C_{TDA} → Custo total diário antigo

C_{TDN} → Custo total diário novo

5.5.2. Cálculo do retorno do investimento

Uma das principais ferramentas utilizadas foi a elaboração de um orçamento detalhado, que inclui os custos de aquisição de equipamentos, instalação, manutenção e operação do sistema ao longo do tempo (Anexo 5).

Para calcular o tempo de retorno do investimento (ROI), foi necessário analisar os custos iniciais de implementação do sistema e compará-los com as economias geradas em termos de redução de custos operacionais e aumento da eficiência energética. O ROI foi calculado considerando o período de amortização do investimento inicial e projetando as economias anuais esperadas ao longo do tempo.

De acordo com a tabela de orçamento, seriam necessários aproximadamente 1.647.730Mt para realizar a implementação do projeto.

Sabendo que com a implementação do novo projeto é previsto que se economize diariamente 7.183,29Mt, pode-se calcular quanto é que se economiza em um ano.

$$Economia\ anual = 7.183,29Mt \times 365dias \quad (5.4)$$

$$Economia\ anual = 2.621.900,85Mt$$

Apenas observando a economia anual, pode-se notar que em menos de um ano seria possível ter o retorno do investimento, entretanto, pode-se calcular precisamente o tempo em meses do ROI da seguinte forma:

$$ROI = \frac{Investimento\ inicial}{Economia\ anual} \times 12\ meses \quad (5.5)$$

$$ROI = \frac{1.647.730Mt}{2.621.900,85Mt} \times 12\ meses$$

$$ROI = 0,628 \times 12\ meses$$

$$ROI = 7,54\ meses$$

Havendo esta possibilidade de existir um retorno de todo o investimento inicial em aproximadamente 8 meses, pode-se dizer que a possível implementação da presente proposta seria muito viável, fazendo até que com as receitas dos valores economizados mensalmente pela REVIMO, SA. pudessem verificar formas de implementar esta melhoria em toda a rede de IP.

Os resultados dessas análises foram fundamentais para determinar a viabilidade do projeto e subsidiar decisões estratégicas relacionadas ao investimento em tecnologias de iluminação pública mais eficientes e sustentáveis. Com base nos resultados do estudo de viabilidade, foi possível identificar potenciais benefícios na eficiência energética e económicos da implementação do sistema proposto.

6. CAPÍTULO VI – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, é importante ressaltar que a implementação do sistema proposto demonstrou resultados significativos em termos de eficiência energética e redução de custos operacionais. Durante a fase de testes e simulações, foi observada uma economia estimada de aproximadamente 40% nos custos de energia elétrica, em comparação com o sistema de iluminação pública anterior. Essa redução substancial nos custos operacionais é uma conquista notável, especialmente considerando-se que o novo sistema garante uma iluminação segura e adequada das vias públicas.

Apesar de não ter sido possível realizar testes práticos com o hardware Raspberry Pi devido à falta de acesso a essa tecnologia específica, os resultados obtidos a partir das simulações no software CODESYS demonstraram a eficácia e a robustez da lógica de programação desenvolvida. A implementação da programação mostrou-se sólida e bem estruturada, mesmo em ambiente simulado.

Além disso, o sistema supervisorio mostrou-se altamente eficiente na supervisão e controle do funcionamento das luminárias, proporcionando uma visão abrangente e em tempo real do estado da iluminação pública. Através do software ScadaBR, os operadores podem monitorar o desempenho do sistema, receber alertas de falhas e anomalias, e tomar medidas corretivas de forma rápida e eficaz. Isso contribui significativamente para a melhoria da gestão da iluminação pública, aumentando a eficiência operacional e garantindo uma resposta mais ágil a eventuais problemas ou avarias.

É importante realçar que a implementação do sistema proposto também contribui para melhorar significativamente a segurança e a qualidade de vida dos cidadãos. Com uma iluminação pública mais eficiente e confiável, as vias públicas tornam-se mais seguras para pedestres e motoristas, reduzindo o risco de acidentes e atividades criminosas durante a noite.

Outro ponto relevante e não mencionado antes, é o impacto positivo do sistema proposto no meio ambiente. Com uma gestão mais eficiente e inteligente da iluminação pública, há uma redução significativa na emissão de gases de efeito estufa e na pegada de carbono associada ao consumo de energia elétrica. Além disso, o uso de tecnologias de iluminação LED e a implementação de estratégias de dimerização contribuem para uma menor demanda energética e uma utilização mais sustentável dos recursos naturais. Essa abordagem alinhada com práticas de sustentabilidade ambiental reforça o compromisso com a preservação do meio ambiente e a promoção de cidades mais verdes e resilientes.

7. CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, tecer-se-á reflexões sobre os resultados obtidos, as limitações da pesquisa e as sugestões para futuros estudos.

Serão reconhecidas as limitações da pesquisa, demonstrando seriedade e rigor metodológico, e serão também apresentadas sugestões para trabalhos futuros que aprofundem a temática, buscando respostas cada vez mais precisas e abrangentes. Ao analisar as limitações e propor recomendações para superá-las, é possível otimizar o desempenho do sistema e maximizar seus benefícios.

7.1.Limitações

A implementação deste sistema de gestão de iluminação pública apresenta uma série de vantagens e benefícios, mas também traz consigo algumas limitações que precisam ser cuidadosamente consideradas e abordadas para garantir sua eficácia e sustentabilidade a longo prazo.

Uma das principais limitações identificadas durante o desenvolvimento do sistema foi a impossibilidade de realizar testes e simulações práticas devido à falta de acesso a uma placa computacional Raspberry Pi. Embora tenham sido realizados testes de funcionalidade da lógica com simulações no CODESYS, a ausência de testes práticos pode representar uma incerteza em relação ao desempenho real do sistema em condições de operação reais.

Além disso, uma limitação importante a ser considerada é a falta de uniformização das luminárias instaladas na área de estudo. A diversidade de modelos, tecnologias e características técnicas das luminárias existentes dificulta a integração e o gerenciamento eficaz do sistema de iluminação pública.

Além das limitações técnicas e operacionais, há também considerações práticas a serem levadas em conta, como a necessidade de treinamento e capacitação da equipe responsável pela operação e manutenção do sistema. A introdução de novas tecnologias e processos de trabalho pode exigir habilidades e conhecimentos específicos que nem sempre estão disponíveis internamente.

Por fim, é importante destacar que qualquer sistema de gestão de iluminação pública está sujeito a limitações ambientais e externas, como condições climáticas adversas, vandalismo ou interferência humana. Embora algumas dessas limitações possam ser mitigadas por meio de

medidas de segurança e proteção, é essencial reconhecer sua existência e estar preparado para lidar com elas conforme surgirem.

7.2.Recomendações

Para superar essas limitações e otimizar o desempenho do sistema, recomenda-se que futuros desenvolvimentos incluam a realização de testes de campo abrangentes para validar o desempenho do sistema em condições reais e identificar possíveis ajustes ou melhorias necessárias.

Também se recomenda que as autoridades responsáveis pela iluminação pública adotem políticas e diretrizes para promover a uniformização das luminárias em toda a área de estudo. Isso pode incluir a padronização de especificações técnicas, a seleção de modelos compatíveis com o novo sistema de gestão e a implementação de programas de substituição gradual de luminárias não conformes.

Para lidar com as considerações práticas relacionadas ao treinamento e capacitação da equipe, é fundamental investir em programas de treinamento e desenvolvimento. Isso ajudará a garantir que a equipe esteja adequadamente preparada para lidar com as demandas do novo sistema.

Diante das limitações ambientais e externas, é essencial adotar medidas de segurança e proteção para mitigar possíveis impactos negativos. Reconhecer a existência dessas limitações e estar preparado para lidar com elas conforme surgirem é crucial para a eficácia do sistema.

Em suma, adotar uma abordagem proativa e holística é fundamental para garantir o sucesso do sistema de gestão de iluminação pública. Isso inclui não apenas a implementação de medidas técnicas e financeiras, mas também a promoção de uma cultura de inovação, colaboração e sustentabilidade. Ao enfrentar esses desafios de frente e buscar soluções criativas e eficazes, é possível transformar a iluminação pública em uma ferramenta poderosa para melhorar a qualidade de vida e promover o desenvolvimento sustentável em comunidades de todo o mundo.

8. CAPÍTULO VIII – CONCLUSÃO

O desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão de IP representa um passo significativo em direção à modernização e eficiência dos serviços urbanos. Ao longo deste trabalho, foram abordados diversos aspectos relacionados ao projeto, desenvolvimento e avaliação do sistema proposto, com o objetivo de solucionar os desafios enfrentados pela infraestrutura de IP na área de estudo.

A concepção do sistema baseou-se na utilização de tecnologias inovadoras, como a placa computacional Raspberry Pi e o software CODESYS, para automatizar o controle e monitoramento das luminárias. Através de uma lógica de operação inteligente, foi possível programar o sistema para ajustar dinamicamente a intensidade da iluminação de acordo com as condições de tráfego e horário, garantindo não apenas eficiência energética, mas também segurança e conforto para os usuários da via pública.

Um dos principais destaques do sistema proposto é sua capacidade de reduzir os custos operacionais em até 40%, enquanto ainda garante uma iluminação segura da via. Essa economia significativa não apenas contribui para a sustentabilidade financeira do município, mas também permite a alocação de recursos para outras áreas prioritárias de desenvolvimento urbano.

Além disso, a eficiência do sistema supervisor e de controle, implementado através do software ScadaBR, possibilita uma gestão mais eficaz e transparente da infraestrutura de iluminação pública. A capacidade de monitorar e analisar dados em tempo real permite uma resposta rápida a falhas e uma otimização contínua do desempenho do sistema.

Em conclusão, o sistema de gestão de iluminação pública desenvolvido neste trabalho representa um importante avanço na modernização e eficiência dos serviços urbanos. Apesar das limitações enfrentadas durante o processo de desenvolvimento, os resultados obtidos demonstram o potencial dessa abordagem para melhorar a qualidade de vida nas cidades e promover o desenvolvimento sustentável a longo prazo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Boarreto, N., 2008. *SISTEMAS SUPERVISÓRIOS*. 1a ed. Santa Catarina: Instituto Federal.
2. Campos, L. C. d., 2019. *Desenvolvimento de Sistemas Embarcados com Microcontroladores*. 2a ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
3. Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, 2013. *Iluminação Pública: Guia de Gestor*. 1a ed. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo.
4. Chenene, M., Tamele, E. & Garrine, F., 2019. *Estudo da Conversão do Sistema Elétrico Por Sistema Solar Fotovoltaico Para Iluminação Exterior no Estádio Nacional do Zimpeto*, Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
5. EDM, 2021. *EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: EDM SUBSTITUI CANDEEIROS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA*. [Online] Available at: <https://www.edm.co.mz/pt/website-mobile/article/not%3%ADcia/efici%3%AAncia-energ%3%A9tica-edm-substitui-candeeiros-de-ilumina%3%A7%C3%A3o-p%C3%BAblica> [Accessed 12 February 2024].
6. Fisker, P., Malmgren-Hansen, D. & Sohnesen, T. P., 2019. *The effects of the Maputo ring road on the quantity and quality of nearby housing*, Helsinki: United Nations University - WIDER.
7. FORTES, A., 2021. Estudo sobre os fatores que contribuem no acidente de transito na cidade de Nampula. *Recima21 – Revista Científica Multidisciplinar, Brasil*.
8. inteliLIGHT, 2022. *inteliLIGHT Smart Streetlight Controllers*. [Online] Available at: <https://intelilight.eu/smart-streetlight-controllers/> [Accessed 14 fevereiro 2024].
9. Junqueira, M. G., 2015. *A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL COMO INSTRUMENTO DE LEITURA DA PAISAGEM URBANA*, Florianópolis: Tese (Mestrado em Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina .
10. KDL, 2024. *TELEGESTÃO E AUTOMAÇÃO*. [Online] Available at: <https://www.kdliluminacao.com.br/produtos/sistema-de-telegestao/> [Accessed 28 janeiro 2024].
11. Lamb, F., 2015. *Automação Industrial na Prática*. 1a ed. Porto Alegre: AMGH.
12. Lampamania, 2023. *Fontes de luz*. [Online] Available at: <https://www.lampamania.pt/artigos/o-que-e-o-fluxo-luminoso-e-a-intensidade-luminosa/> [Accessed 13 fevereiro 2024].
13. Liteleds, 2022. *What is the role of public lighting in a smart city?*. [Online] Available at: <https://www.liteleds.com.br/qual-o-papel-da-iluminacao-publica-em-uma-smart-city/> [Accessed 21 fevereiro 2024].
14. metropole digital, 2016. *Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis*. [Online] Available at: <https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/1/60/1/4> [Accessed 13 february 2024].

15. OMRON, 2023. *Products CJ2M.* [Online]
Available at: <https://www.ia.omron.com/products/family/2712/lineup.html>
[Accessed 28 January 2024].
16. Quantum Engenharia, 2022. *TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE ALIADAS À ILUMINAÇÃO PÚBLICA.* [Online]
Available at: <https://www.quantumengenharia.net.br/tecnologia-e-sustentabilidade-aliadas-a-iluminacao-publica/>
[Accessed 12 Fevereiro 2024].
17. Raspberry Pi, 2019. *Raspberry Pi 4 Model B - Datasheet.* [Online]
Available at: <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-datasheet.pdf>
[Accessed 20 fevereiro 2024].
18. REVIMO, n.d. *Estrada Circular Maputo.* [Online]
Available at: <https://www.revimo.co.mz/estradas.php>
[Accessed 30 janeiro 2024].
19. Santana, R., 2010. *ILUMINAÇÃO PÚBLICA: uma abordagem gerencial*, Salvador: Tese (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) - UNIFACS.
20. Scargill, P., 2014. *Raspberry Pi para iniciantes*. 1a ed. São Paulo: Casa dos Livros.
21. Simango, A., 2015. *Percepções sobre a manutenção da ordem e segurança pública num bairro da cidade da Matola*, s.l.: Tese (Licenciatura em Antropologia) – Faculdade de Letras e Ciências Sociais, Universidade Eduardo Mondlane.
22. USINAINFO, 2020. *PROJETO ESP32 DIMMER – AUTOMAÇÃO PARA CONTROLE DE LUZ.* [Online]
Available at: <https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-esp32-dimmer-automacao-para-controle-de-luz/>
[Accessed 20 January 2024].
23. WIKIPEDIA, 2011. *Computadora monoplaca.* [Online]
Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Computadora_monoplaca
[Accessed 20 fevereiro 2024].

10. ANEXOS

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE FABRICANTES	A1.1
Anexo 2 – CÁLCULOS COMPLEMENTARES	A2.9
Anexo 3 – PASSOS PARA INICIALIZAR A RASPBERRY PI.....	A3.13
Anexo 4 – EXTRATO DO PROGRAMA.....	A4.16
Anexo 5 – ORÇAMENTO.....	A5.41
Anexo 6 - ACTA DE ENCONTROS REGULARES.....	A6.42
Anexo 7 – RELATÓRIO DE PROGRESSO.....	A7.48
Anexo 8 – AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE.....	A8.49
Anexo 9 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO.....	A9.50
Anexo 10 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA (PELO JÚRI).....	A10.51
Anexo 11 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL.....	A11.52

Anexo 1 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE FABRICANTES

250W HPS

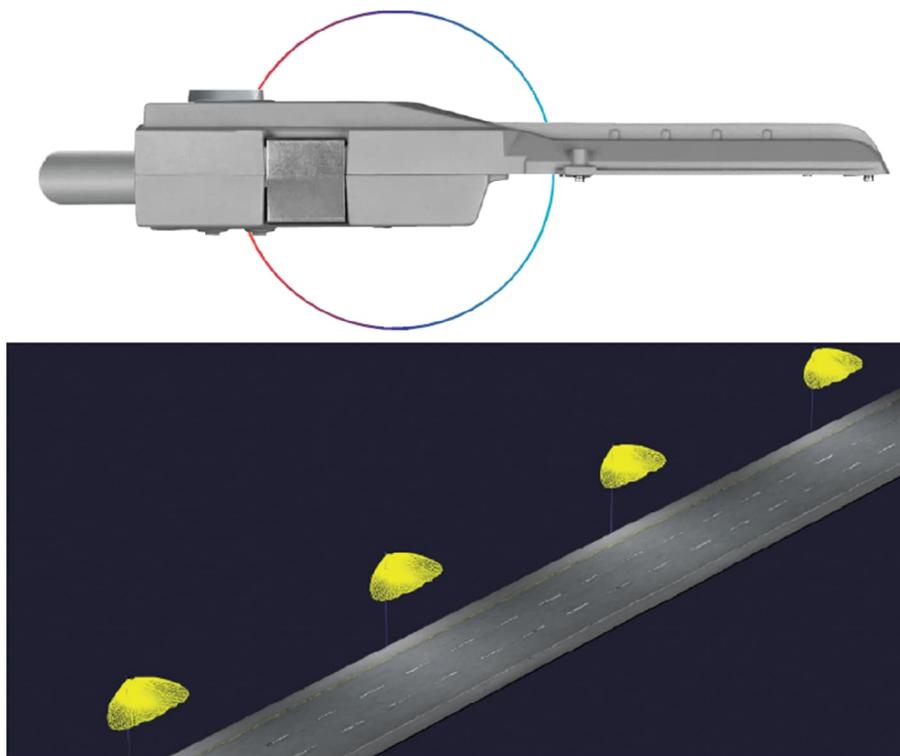


Figura A1 - 1. Luminária BEKA 250W

Fonte: (Catálogo BEKA, 2020)

Tabela A1-1. Especificações técnicas da luminária.

Tipo de Estrada	A3
Espaçamento da luminária	36m
Largura da estrada	10.5m
Altura	7m
Consumo de potência da luminária	278W

Fonte: (Própria, 2024) – Extraído do catálogo de luminárias HPS BEKA.



Lâmpada de rua LED 150W PHILIPS - MEAN WELL

Referência: FMW150

Disponível em: Luz branca - Luz neutra

Descrição

Luminária LED com 150W de potência, disponível em luz branca fria e luz neutra. O seu chip LED Philips Lumileds e o seu driver Mean Well conferem-lhe uma grande robustez e fiabilidade, com 5 anos de garantia.

Sua base orientável permite o acoplamento em suportes de diâmetros de 40 a 60 mm.

DADOS TÉCNICOS	
Referência	FMW150
Medição	635 x 280 x 120 milímetros
Poder	150W
Lumenes	21000
Temperatura de cor	Branca 5700K - Neutra 4000K
Ângulo de abertura	120
Fator de Potência	0.95
Tipo de LED	Philips
tensão de entrada	100-240V
Frequência (HZ)	50/60 Hz
Material	Alumínio
Dimmable	Não
Grau de proteção	IP65
Horas de vida	50.000 horas
Certificações	CE, RoHS
Garantia	5 anos
Driver	Mean Well

Figura A1 - 2. Especificações técnicas da luminária Philips 150W

Fonte: (Masterled, 2019)



Figura A1 - 3. Luminária Philips 80W

Fonte: (Catálogo Philips, 2015)

Tabela A1-3. Especificações técnicas da luminária 80W.

Cor da fonte de luz	6500K 4000K	Tensão de Entrada	220 a 240V
Fone de luz substituível	Não	Frequência de Entrada	50 ou 60Hz
Unidade de potência	Fonte de alimentação	Fator de potência	0.9
Driver incluso	Sim		
Tipo de lente ótica	Policarbonato	Regulável	Não
Controle de interseção	-		
Conexão	-	Material de habitação	Alumínio
Cabo	-	Material ótico	Policarbonato
Classe de proteção IEC	Classe de segurança 1	Cobertura ótica	-
Marca CE	Marca CE	Material de fixação	-
Período de Garantia	3 anos	Comprimento total	340 – 420 mm
Saída de luz constante	Não		

Fonte: (Própria, 2024) – Extraído do catálogo de luminárias da Philips.



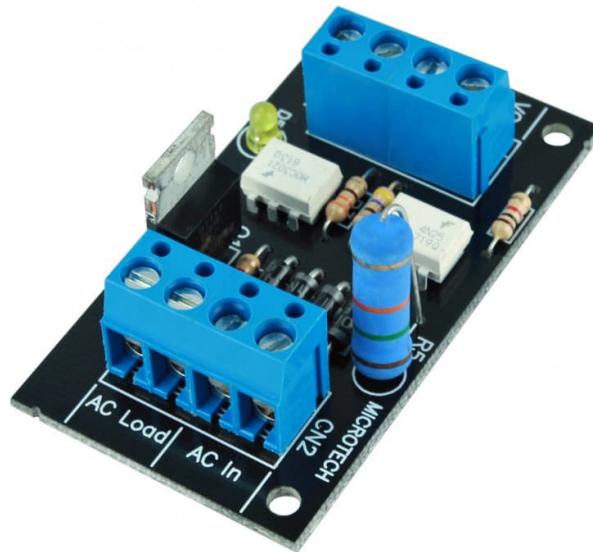
Figura A1 - 4. Contator selecionado Heschen

Fonte: (Catálogo Hechsen, 2017)

Tabela A1-4. Especificações técnicas do contator selecionado.

Fabricante	Heschen
Número de peça	C1-25 2P 12VDC
Peso do item	125g
Dimensões do pacote	9.2 x 8 x 2 cm; 125g
Número do modelo do item	12V DC
Estilo	12V DC
Tensão	250V
Perfil de montagem	Montagem do trilho DIN
Componentes inclusos	C1-25 2P 12VDC
Baterias inclusas?	Não
Baterias necessárias?	Não

Fonte: (Própria, 2024) – Extraído do catálogo da Heschen para contadores de baixa tensão.



ESPECIFICAÇÕES:

- Marca: Microtech;
- Modelo: MC-8A;
- Produto Exclusivo Usinainfo;
- Triac: BT137;
- Tensão para lâmpadas incandescentes: 127VAC ou 220VAC (escolher no momento da compra);
- Tensão junto ao Arduino: 5V DC;
- Tensão entrada de disparo: DIM 5V;
- Corrente consumida na entrada 5V: 5mA;
- Resistor: 15K 5W (127V - Marrom / Verde / Laranja) / 33K 5W (220V - Laranja / Laranja / Laranja);
- Potência: 880W (127V) / 1760W (220V);
- Corrente: 8A (necessário dissipador de calor);
- Dimensões (CxLxA): 62x34x18mm;
- Peso: 21g.

Figura A1 - 5. Especificações técnicas do módulo dimmer MC-8A

Fonte: (USINAINFO, 2020)

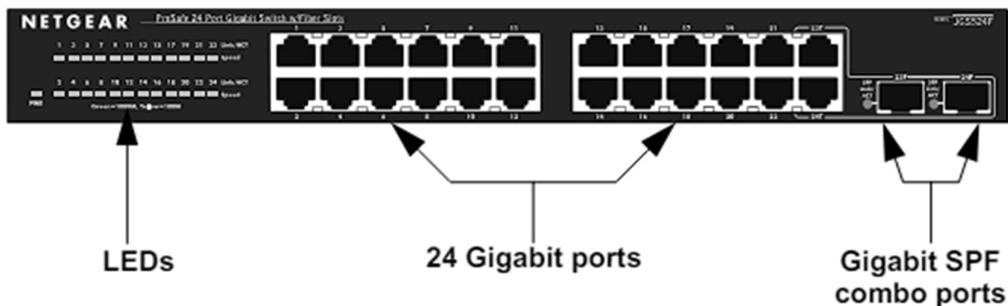


Figura A1 - 6. Dispositivo switch selecionado

Fonte: (Catálogo Gigabit, 2020)

Tabela A1-6. Especificações técnicas do dispositivo selecionado.

Compatibilidade com padrões	IEEE 802.3z 1000BASE-X Gigabit sobre fibra, IEEE 802.31 10 BASE-T Ethernet
Interfaces de Rede	Conectores RJ-45
Potencia	100-240V; 1A AC; 50/60Hz
Carga total	18.2 W max. (10m de comprimento)
Dimensões físicas	328 x 169 x 43.2 mm
Peso	1.688kg
Ambiente operacional	Temperatura: 0 a 50°C Humidade 10% a 90 %
Conformidade eletromagnética	CE e CE LVD, Classe A; FCC Classe A; VCCI classe A; C-Tick; KCC; CCC e UL

Fonte: : (Própria, 2024) – Extraído do catalogo da Gigabit para dispositivos de comunicação serial.

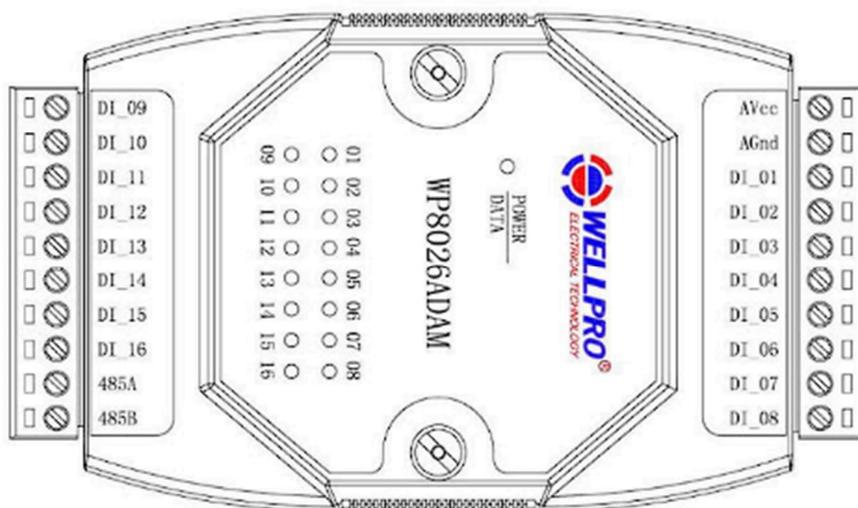


Figura A1 - 7. Dispositivo RS-485

Fonte: (Catálogo Wellpro, 2022)

Tabela A1-7. Especificações técnicas do dispositivo selecionado.

Protocolo de comunicação	Modbus RTU padrão
Potencia externa	9V – 30V/2W
Precisão de entrada analógica	+0.02mA
Temperatura de trabalho	-20 a 70° C
Proteção de isolamento	1500VDC
Método de instalação	Trilho deslizante ou parafuso DIN padrão
Dimensão	125 x 3 x 35mm

Fonte : (Própria, 2024) – Extraído do catalogo da Wellpro para dispositivos de comunicação serial.

Linha de mini sensores ópticos - IP67

ERO - mini sensor óptico de barreira, retangular, corpo plástico



Especificação

Com ajuste de sensibilidade

Dimensões	Distância de comutação Sn (mm)	Tensão de alimentação	Tipo de saída		Elemento de emissão	Referência
			NPN	PNP		
11,2x31x20	10 m	12-24 V cc	NPN	Cabo	LED vermelho	ER010T-11R1DP-R
			PNP	Conector M8		ER010T-11R1PP-R
			NPN			ER010T-11R3DP-R
			PNP			ER010T-11R3PP-R
11,2x31x20	15 m	12-24 V cc	NPN	Cabo	LED infravermelho	ER015T-11R1DP-I
			PNP	Conector M8		ER015T-11R1PP-I
			NPN			ER015T-11R3DP-I
			PNP			ER015T-11R3PP-I
11,2x31x20	30 m	12-24 V cc	NPN	Cabo	LED infravermelho	ER030T-11R1DP-I
			PNP	Conector M8		ER030T-11R1PP-I
			NPN			ER030T-11R3DP-I
			PNP			ER030T-11R3PP-I

Figura A1 - 8. Especificações técnicas dos sensores óticos WEG

Fonte: (Catálogo de Sensores WEG, 2018)

Anexo 2 – CÁLCULOS COMPLEMENTARES

Tabela A2.1-9. Cálculos das quantidades de atuadores e placas computacionais da secção 1.

Secção 1	BEKA 278W 76 luminárias	Philips 150W 24 luminárias
	Quantidade de luminárias por contator $\frac{P_{maxc}}{P_L}$	$\frac{6250W}{278W} = 22,48 \approx 22$
Quantidade de contatores	$\frac{76 \text{ luminarias}}{22 \text{ lum por contactor}} = 3,45 \approx 4 \text{ contactores}$	$\frac{24}{41} = 0,58 \approx 1$
Quantidade de luminárias por dimmer $\frac{P_{maxd}}{P_L}$	N/A	$\frac{1760W}{150W} = 11,73 \approx 11$
Quantidade de módulos dimmer	N/A	$\frac{24}{11} = 2,18 \approx 3$

Fonte: Própria, 2024

Tabela A2.2-9. Cálculos das quantidades de atuadores e placas computacionais da secção 2.

Secção 2	Philips 150W 100 luminárias
	Quantidade de luminárias por contator $\frac{P_{maxc}}{P_L}$
Quantidade de contatores	$\frac{100}{41} = 2,43 \approx 3$
Quantidade de luminárias por dimmer $\frac{P_{maxd}}{P_L}$	$\frac{1760W}{150W} = 11,73 \approx 11$
Quantidade de módulos dimmer	$\frac{100}{11} = 9,09 \approx 10$

Fonte: Própria, 2024

Tabela A2.3-10. Cálculos das quantidades de atuadores e placas computacionais da secção 3.

Secção 3	BEKA 278W 50 luminárias	Philips 150W 50 luminárias
	Quantidade de luminárias por contator $\frac{P_{maxc}}{P_L}$	$\frac{6250W}{278W} = 22,48 \approx 22$
Quantidade de contadores	$\frac{50}{22} = 2,27 \approx 3$	$\frac{50}{41} = 1,22 \approx 2$
Quantidade de luminárias por dimmer $\frac{P_{maxd}}{P_L}$	N/A	$\frac{1760W}{150W} = 11,73 \approx 11$
Quantidade de módulos dimmer	N/A	$\frac{50}{11} = 4,55 \approx 5$

Fonte: Própria, 2024

Tabela A2.4-10. Cálculos das quantidades de atuadores e placas computacionais da secção 4 a 10

Secção 4 a 10	BEKA 278W 100 luminárias
	Quantidade de luminárias por contator $\frac{P_{maxc}}{P_L}$
Quantidade de contadores	$\frac{100}{22} = 4,55 \approx 5 \text{ contactores}$

Fonte: Própria, 2024

Tabela A2.5-10. Cálculos das quantidades de atuadores e placas computacionais da secção 11.

Secção 11	BEKA 278W 38 luminárias	Philips 80W 62 luminárias
	Quantidade de luminárias por contator $\frac{P_{maxc}}{P_L}$	$\frac{6250W}{278W} = 22,48 \approx 22$
Quantidade de contadores	$\frac{38}{22} = 1,73 \approx 2$	$\frac{62}{78} = 0,79 \approx 1$
Quantidade de luminárias por dimmer $\frac{P_{maxd}}{P_L}$	N/A	$\frac{1760W}{80W} = 22$
Quantidade de módulos dimmer	N/A	$\frac{62}{22} = 2,81 \approx 3$

Fonte: Própria, 2024

Tabela A2.6-11. Cálculos das quantidades de atuadores e placas computacionais da secção 12 a 15.

Secção 12 a 15	Philips 80W
	100 luminárias
Quantidade de luminárias por contator $\frac{P_{maxc}}{P_L}$	$\frac{6250W}{80W} = 78,13 \approx 78$
Quantidade de contatores	$\frac{100}{78} = 1,28 \approx 2$
Quantidade de luminárias por dimmer $\frac{P_{maxd}}{P_L}$	$\frac{1760W}{80W} = 22$
Quantidade de módulos dimmer	$\frac{100}{22} = 4,55 \approx 5$

Fonte: Própria, 2024

Verificação da escolha adequada de percentagem de dimerização das luminárias

Para verificar se a escolha das percentagens de dimerização das luminárias a serem usadas no sistema a desenvolver foi correta (50%), é necessário conhecer o número mínimo de lux aceitável para as faixas de rodagem.

A tabela a seguir mostra os diferentes níveis de lux` s para cada diferentes vias.

Tabela A2.7-11. Valores de iluminância média para vias de tráfego médio.

Classe de iluminação	E média [lux]	U ₀ [E]	Para velocidades altas e moderadas	Para velocidades baixas e muito baixas
C0	50	0.4	10	15
C1	30	0.4	10	15
C2	20	0.4	10	15
C3	15	0.4	15	20
C4	10	0.4	15	20
C5	7.5	0.4	15	25

Fonte: Manual de iluminação pública, EDP, 2016

Para a via em estudo, a classe de via definida é a C4. Esta categoria é definida para vias cuja velocidade máxima permitida é de 60km/h. sendo assim, a partir da tabela pode-se extrair a seguinte informação relevante para a avaliação dos parâmetros fotométricos da via, que são iluminância média e fator de uniformidade.

Determinação dos números de lux's na via atualmente com as diferentes lâmpadas

Determina-se o número de lux's que a via apresenta de acordo com a fórmula abaixo. Esta fórmula é para uma situação entre dois postes consecutivos.

$$E = \frac{\phi \times U_0}{L \times v} \quad (A2-1)$$

Onde:

ϕ - Fluxo luminoso em lúmen

U_0 – factor de uniformidade

L – Vão entre os postes

v - Largura das faixas de rodagem

Tabela A2.8-12. Determinação dos números de lux.

BEKA 278W (VSAP)	Philips 150W	Philips 80W
$E = \frac{27000 \times 0,4}{10 \times 36} = 30lux$	$E = \frac{21000 \times 0,4}{10 \times 36} = 23,3lux$	$E = \frac{18000 \times 0,4}{10 \times 36} = 20lux$

Fonte: Própria, 2024

Claramente que estes valores estão acima do indicado para via, logo pode-se concluir que as lâmpadas instaladas, pelo menos a nível fotométrico, atendem excessivamente aos parâmetros exigidos. Sendo assim, operando o sistema a 50% da sua capacidade, emitiria ainda a quantidade mínima e suficiente para garantir uma iluminação segura ao longo das faixas de rodagem.

Anexo 3 – PASSOS PARA INICIALIZAR A RASPBERRY PI

Os primeiros passos com as Raspberry Pi são:

1. Escolher o sistema operacional
2. Preparar o cartão SD
3. Conectar periféricos

O sistema operacional

O sistema operacional é uma espécie de programa que faz a gerência os recursos do sistema, como memória, portas USB, processador, comunicação wireless e afins. A Raspberry Pi é compatível com Windows IoT e diversas distribuições de Linux. Entretanto, até o momento o Windows IoT ainda é bem limitado, servindo basicamente como um ambiente voltado para o desenvolvimento de aplicações, não sendo muito utilizado como um computador pessoal ou base para sistemas de mídia e jogos, por exemplo.

Uma das distribuições Linux mais utilizadas (e recomendada pela Fundação Raspberry Pi) é a Raspbian, que é a versão do Debian para Raspberry Pi. Com o Raspbian, a placa se comporta como se fosse um minicomputador e é essa versão que será usada. O Raspbian já possui vários programas instalados para os mais diversos usos.

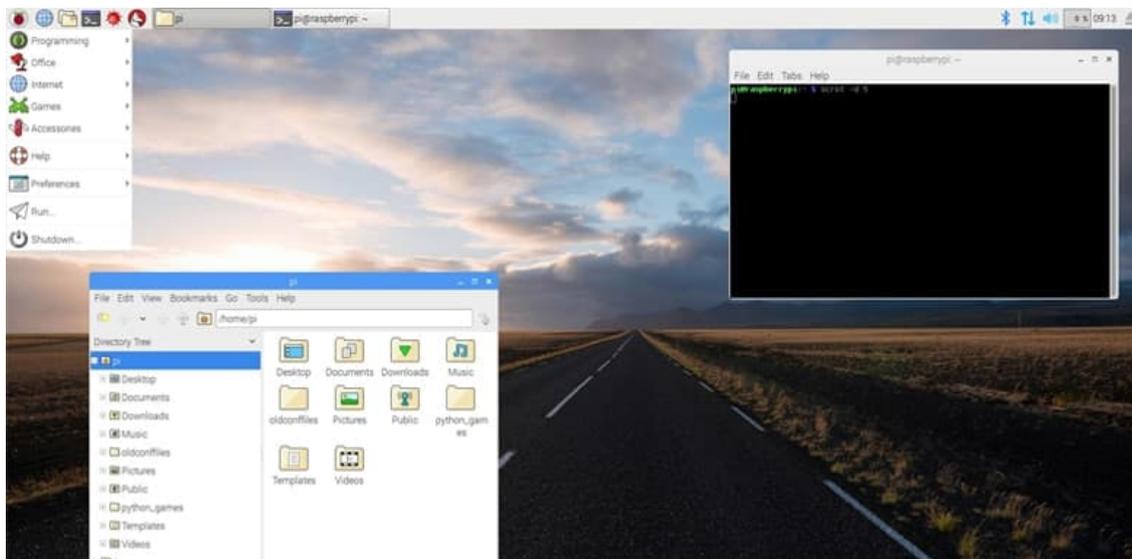


Figura A3.1 - 13. Interface do Raspbian

Fonte: (Raspberry Pi, 2019)

Preparação do cartão SD

Quando se instala um sistema operacional, normalmente é necessário baixar uma imagem (arquivo .ISO) e gravá-la diretamente no cartão SD. Esse procedimento, geralmente requer a instalação de outros programas, o que complica um pouco o processo.

Para facilitar a vida dos iniciantes existe o NOOBS, que é uma forma mais fácil e prática de se instalar alguns sistemas operacionais na Raspberry Pi. Ele é um pacote que contém várias opções de sistemas operacionais e apresenta uma interface que facilita o processo de instalação. Dessa forma, com o NOOBS, não é necessário baixar uma imagem e nem utilizar outros programas, basta apenas arrastar os arquivos para uma pasta. Por isso, utiliza-se para instalar o Raspbian na placa.

O primeiro passo é colocar o cartão SD no computador e formatá-lo em FAT ou FAT32. Para melhores resultados, utiliza-se o SD Formatter.

No site da Fundação Raspberry Pi, na seção de downloads, pode-se encontrar o link para download do NOOBS, basta baixar o arquivo .ZIP.

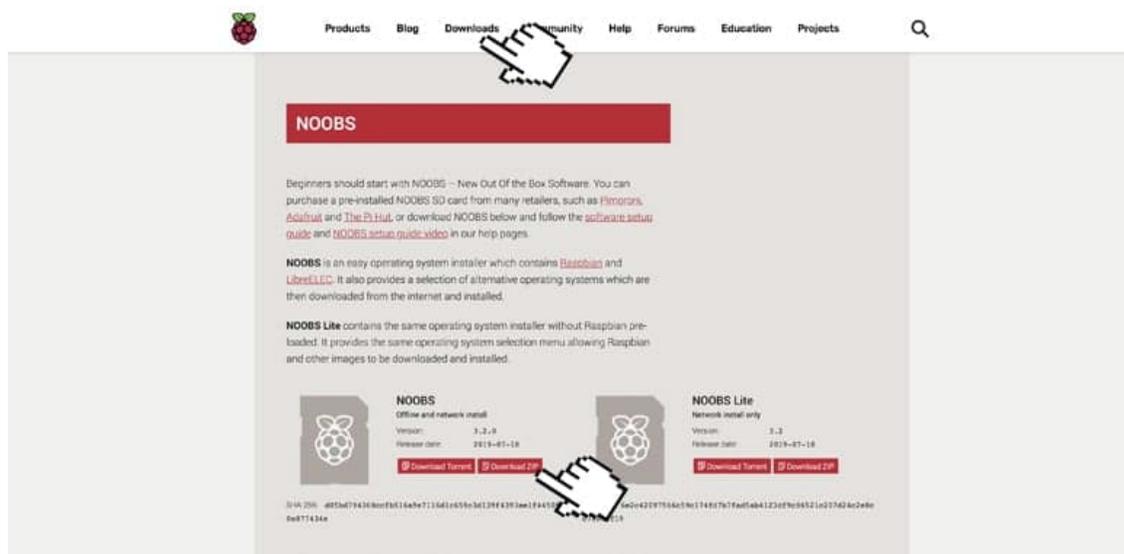


Figura A3.2 - 14. Página de download do NOOBS

Fonte: (Raspberry Pi, 2019)

Descompacta-se o NOOBS e haverá uma estrutura de pastas como essa:

Name	Date modified	Type	Size
defaults	10/03/2017 12:38	File folder	
os	29/11/2017 10:05	File folder	
overlays	17/03/2017 01:33	File folder	
bcm2708-rpi-0-w.dtb	17/03/2017 01:33	DTB File	15 KB
bcm2708-rpi-b.dtb	17/03/2017 01:33	DTB File	14 KB
bcm2708-rpi-b-plus.dtb	17/03/2017 01:33	DTB File	14 KB
bcm2708-rpi-cm.dtb	17/03/2017 01:33	DTB File	14 KB
bcm2709-rpi-2-b.dtb	17/03/2017 01:33	DTB File	15 KB
bcm2710-rpi-3-b.dtb	17/03/2017 01:33	DTB File	16 KB
bcm2710-rpi-cm3.dtb	17/03/2017 01:33	DTB File	15 KB
bootcode.bin	17/03/2017 01:38	BIN File	50 KB
BUILD-DATA	17/03/2017 01:38	File	1 KB
INSTRUCTIONS-README.txt	17/03/2017 01:36	TXT File	3 KB
recovery.cmdline	22/01/2018 15:55	CMDLINE File	1 KB
recovery.elf	17/03/2017 01:38	ELF File	640 KB
recovery.img	17/03/2017 01:38	Disc Image File	2.598 KB
recovery.rfs	17/03/2017 01:38	RFS File	27.452 KB
RECOVERY_FILES_DO_NOT_EDIT	17/03/2017 01:38	File	0 KB
recovery7.img	17/03/2017 01:37	Disc Image File	2.667 KB
riscos-boot.bin	17/03/2017 01:36	BIN File	10 KB

Figura A3.3 - 15. Pasta NOOBS descompactada

Fonte: (Raspberry Pi, 2019)

Copia-se todos esses arquivos para o cartão SD recentemente formatado. Agora o cartão SD está preparado para a iniciar a instalação do Raspbian. Fácil assim!

Conexão de periféricos

Antes de ligar a placa precisa-se conectar alguns periféricos nela:

- Conectar Raspberry Pi ao monitor (Ou TV)
- Conectar o Mouse e Teclado USB
- Colocar o cartão SD preparado anteriormente

Agora pode-se conectar a fonte de alimentação na Raspberry Pi, os arquivos de inicialização copiados para o cartão microSD serão carregados na sequência. Fique atento ao que deve acontecer: A luz verde (ACT) irá piscar e aparecerá uma imagem no monitor. Se isso não acontecer ocorreu algum erro no preparo do SD, é melhor refazer o procedimento passo a passo novamente.

Anexo 4 – EXTRATO DO PROGRAMA

: GPIOs_A_B

GPIOs Parameters

Parameters:

Name:	Type:	Value:	Default Value:	Unit:	Description:
GPIO4	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO4
GPIO5	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO5
GPIO6	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO6
GPIO12	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO12
GPIO13	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO13
GPIO16	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO16
GPIO17	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO17
GPIO18	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO18
GPIO19	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO19
GPIO20	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO20
GPIO21	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO21
GPIO22	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO22
GPIO23	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO23
GPIO24	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO24
GPIO25	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO25
GPIO26	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO26
GPIO27	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO27

GPIOs I/O Mapping

Input Parameters:

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
ZC1_150W	Bit4	%.IX0.4	BOOL		
ZC2_150W	Bit5	%.IX0.5	BOOL		
ZC3_150W	Bit6	%.IX0.6	BOOL		
Sensor_Optico1	Bit22	%.IX2.6	BOOL		
Sensor_Optico2	Bit23	%.IX2.7	BOOL		
Sensor_Optico3	Bit24	%.IX3.0	BOOL		
Sensor_Optico4	Bit25	%.IX3.1	BOOL		
Sensor_Optico5	Bit26	%.IX3.2	BOOL		

Output Parameters:

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
Dim1_150W	Bit12	%.QX1.4	BOOL		
Dim2_150W	Bit13	%.QX1.5	BOOL		
Dim3_150W	Bit16	%.QX2.0	BOOL		
Contactora150W_24	Bit17	%.QX2.1	BOOL		
Contactora278W_20_1	Bit18	%.QX2.2	BOOL		
Contactora278W_20_2	Bit19	%.QX2.3	BOOL		
Contactora278W_20_3	Bit20	%.QX2.4	BOOL		
Contactora278W_16_4	Bit21	%.QX2.5	BOOL		

IEC objects:

Variable:	Type:
GPIOs_Instance	IoDrvGPIO
GPIOs_A_B	CAADiagDeviceDefault

Information

Name: GPIOs B+/Pi2
Vendor: 3S - Smart Software Solutions GmbH

Figura A4 - 16. Declaração de variáveis da secção

1 Fonte: Própria, 2024

GPIOs Parameters

Parameters:

Name:	Type:	Value:	Default Value:	Unit:	Description:
GPIO4	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO4
GPIO5	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO5
GPIO6	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO6
GPIO12	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO12
GPIO13	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO13
GPIO16	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO16
GPIO17	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO17
GPIO18	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO18
GPIO19	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO19
GPIO20	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO20
GPIO21	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO21
GPIO22	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO22
GPIO23	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO23
GPIO24	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO24
GPIO25	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO25
GPIO26	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO26
GPIO27	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO27

GPIOs I/O Mapping

Input Parameters:

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
ZC1_150W	Bit4	%IX0.4	BOOL		
ZC2_150W	Bit5	%IX0.5	BOOL		
ZC3_150W	Bit6	%IX0.6	BOOL		
ZC4_150W	Bit12	%IX1.4	BOOL		
ZC5_150W	Bit13	%IX1.5	BOOL		
Sensor_Optico1	Bit23	%IX2.7	BOOL		
Sensor_Optico2	Bit24	%IX3.0	BOOL		
Sensor_Optico3	Bit25	%IX3.1	BOOL		
Sensor_Optico4	Bit26	%IX3.2	BOOL		
Sensor_Optico5	Bit27	%IX3.3	BOOL		

Output Parameters:

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
Dim1_150W	Bit16	%QX2.0	BOOL		
Dim2_150W	Bit17	%QX2.1	BOOL		
Dim3_150W	Bit18	%QX2.2	BOOL		
Dim4_150W	Bit19	%QX2.3	BOOL		
Dim5_150W	Bit20	%QX2.4	BOOL		
Contactora150W_25_1	Bit21	%QX2.5	BOOL		
Contactora150W_25_2	Bit22	%QX2.6	BOOL		

IEC objects:

Variable:	Type:
GPIOs_Instance	IoDrvGPIO
GPIOs_A_B	CAADiagDeviceDefault

Figura A4 - 17. Declaração de variáveis da secção 2

Fonte: Própria, 2024

GPIOs Parameters**Parameters:**

Name:	Type:	Value:	Default Value:	Unit:	Description:
GPIO4	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO4
GPIO5	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO5
GPIO6	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO6
GPIO12	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO12
GPIO13	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO13
GPIO16	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO16
GPIO17	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO17
GPIO18	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO18
GPIO19	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO19
GPIO20	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO20
GPIO21	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO21
GPIO22	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO22
GPIO23	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO23
GPIO24	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO24
GPIO25	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO25
GPIO26	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO26
GPIO27	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO27

GPIOs I/O Mapping**Input Parameters:**

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
ZC1_150W	Bit4	%.IX0.4	BOOL		
ZC2_150W	Bit5	%.IX0.5	BOOL		
ZC3_150W	Bit6	%.IX0.6	BOOL		
Sensor_Optico1	Bit22	%.IX2.6	BOOL		
Sensor_Optico2	Bit23	%.IX2.7	BOOL		
Sensor_Optico3	Bit24	%.IX3.0	BOOL		
Sensor_Optico4	Bit25	%.IX3.1	BOOL		
Sensor_Optico5	Bit26	%.IX3.2	BOOL		

Output Parameters:

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
Dim1_150W	Bit12	%.QX1.4	BOOL		
Dim2_150W	Bit13	%.QX1.5	BOOL		
Dim3_150W	Bit16	%.QX2.0	BOOL		
Contactora150W_1	Bit17	%.QX2.1	BOOL		
Contactora150W_2	Bit18	%.QX2.2	BOOL		
Contactora278W_18_1	Bit19	%.QX2.3	BOOL		
Contactora278W_16_2	Bit20	%.QX2.4	BOOL		
Contactora278W_16_3	Bit21	%.QX2.5	BOOL		

IEC objects:

Variable:	Type:
GPIOs_Instance	IoDrvGPIO
GPIOs_A_B	CAADiagDeviceDefault

Information

Name:	GPIOs B+/Pi2
Vendor:	3S - Smart Software Solutions GmbH

Figura A4 - 18. Declaração de variáveis da secção 3

Fonte: Própria, 2024

GPIOs Parameters**Parameters:**

Name:	Type:	Value:	Default Value:	Unit:	Description:
GPIO4	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO4
GPIO5	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO5
GPIO6	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO6
GPIO12	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO12
GPIO13	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO13
GPIO16	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO16
GPIO17	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO17
GPIO18	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO18
GPIO19	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO19
GPIO20	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO20
GPIO21	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO21
GPIO22	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO22
GPIO23	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO23
GPIO24	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO24
GPIO25	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO25
GPIO26	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO26
GPIO27	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO27

GPIOs I/O Mapping**Input Parameters:**

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
Sensor_Optico1	Bit22	%.IX2.6	BOOL		
Sensor_Optico2	Bit23	%.IX2.7	BOOL		
Sensor_Optico3	Bit24	%.IX3.0	BOOL		
Sensor_Optico4	Bit25	%.IX3.1	BOOL		
Sensor_Optico5	Bit26	%.IX3.2	BOOL		

Output Parameters:

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
Contactactor278W_17_1	Bit16	%.QX2.0	BOOL		
Contactactor278W_17_2	Bit17	%.QX2.1	BOOL		
Contactactor278W_17_3	Bit18	%.QX2.2	BOOL		
Contactactor278W_17_4	Bit19	%.QX2.3	BOOL		
Contactactor278W_17_5	Bit20	%.QX2.4	BOOL		
Contactactor278W_15_6	Bit21	%.QX2.5	BOOL		

IEC objects:

Variable:	Type:
GPIOs_Instance	IoDrvGPIO
GPIOs_A_B	CAADiagDeviceDefault

Information

Name:	GPIOs B+/Pi2
Vendor:	3S - Smart Software Solutions GmbH
Categories:	
Type:	504
ID:	0000 0001
Version:	4.0.0.0
Order number:	-

Figura A4 - 19. Declaração de variáveis da secção 4-10

Fonte: Própria, 2024

GPIOs Parameters**Parameters:**

Name:	Type:	Value:	Default Value:	Unit:	Description:
GPIO4	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO4
GPIO5	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO5
GPIO6	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO6
GPIO12	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO12
GPIO13	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO13
GPIO16	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO16
GPIO17	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO17
GPIO18	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO18
GPIO19	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO19
GPIO20	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO20
GPIO21	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO21
GPIO22	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO22
GPIO23	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO23
GPIO24	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO24
GPIO25	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO25
GPIO26	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO26
GPIO27	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO27

GPIOs I/O Mapping**Input Parameters:**

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
ZC1_80W	Bit4	%.IX0.4	BOOL		
ZC2_80W	Bit5	%.IX0.5	BOOL		
ZC3_80W	Bit6	%.IX0.6	BOOL		
Sensor_Optico1	Bit22	%.IX2.6	BOOL		
Sensor_Optico2	Bit23	%.IX2.7	BOOL		
Sensor_Optico3	Bit24	%.IX3.0	BOOL		
Sensor_Optico4	Bit25	%.IX3.1	BOOL		
Sensor_Optico5	Bit26	%.IX3.2	BOOL		

Output Parameters:

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
Dim1_80W	Bit12	%.QX1.4	BOOL		
Dim2_80W	Bit13	%.QX1.5	BOOL		
Dim3_80W	Bit16	%.QX2.0	BOOL		
Contactora80W_62_1	Bit19	%.QX2.3	BOOL		
Contactora278W_19_1	Bit20	%.QX2.4	BOOL		
Contactora278W_19_2	Bit21	%.QX2.5	BOOL		

IEC objects:

Variable:	Type:
GPIOs_Instance	IoDrvGPIO
GPIOs_A_B	CAADiagDeviceDefault

Information

Name:	GPIOs B+/Pi2
Vendor:	3S - Smart Software Solutions GmbH
Categories:	
Type:	504

Figura A4 - 20. Declaração de variáveis da secção 11

Fonte: Própria, 2024

GPIOs Parameters**Parameters:**

Name:	Type:	Value:	Default Value:	Unit:	Description:
GPIO4	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO4
GPIO5	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO5
GPIO6	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO6
GPIO12	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO12
GPIO13	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO13
GPIO16	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO16
GPIO17	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO17
GPIO18	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO18
GPIO19	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO19
GPIO20	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO20
GPIO21	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO21
GPIO22	Enumeration of BYTE	2#001	255		configuration of GPIO22
GPIO23	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO23
GPIO24	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO24
GPIO25	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO25
GPIO26	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO26
GPIO27	Enumeration of BYTE	2#000	255		configuration of GPIO27

GPIOs I/O Mapping**Input Parameters:**

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
ZC1_80W	Bit4	%IX0.4	BOOL		
ZC2_80W	Bit5	%IX0.5	BOOL		
ZC3_80W	Bit6	%IX0.6	BOOL		
ZC4_80W	Bit12	%IX1.4	BOOL		
ZC5_80W	Bit13	%IX1.5	BOOL		
Sensor_Optico1	Bit23	%IX2.7	BOOL		
Sensor_Optico2	Bit24	%IX3.0	BOOL		
Sensor_Optico3	Bit25	%IX3.1	BOOL		
Sensor_Optico4	Bit26	%IX3.2	BOOL		
Sensor_Optico5	Bit27	%IX3.3	BOOL		

Output Parameters:

Mapping:	Channel:	Address:	Type:	Unit:	Description:
Dim1_80W	Bit16	%QX2.0	BOOL		
Dim2_80W	Bit17	%QX2.1	BOOL		
Dim3_80W	Bit18	%QX2.2	BOOL		
Dim4_80W	Bit19	%QX2.3	BOOL		
Dim5_80W	Bit20	%QX2.4	BOOL		
Contactora80W_50_1	Bit21	%QX2.5	BOOL		
Contactora80W_50_2	Bit22	%QX2.6	BOOL		

IEC objects:

Variable:	Type:
GPIOs_Instance	IoDrvGPIO
GPIOs_A_B	CAADiagDeviceDefault

Figura A4 - 21. Declaração de variáveis da secção 12-15

Fonte: Própria, 2024

```

1  PROGRAM Seccao_1
2  VAR
3
4      GetDateAndTime_0 : RTCLK.GetDateAndTime ;
5      DataEHora : DATE_AND_TIME ;
6      BLINK_0 : BLINK ;
7      HORA_ACTUAL : INT ;
8      Capacidade_100 : SR ;
9      Capacidade_50 : SR ;
10     Capacidade_75 : SR ;
11     Hora_de_sol : BOOL ;
12     TON_4h : TON ;
13     TON_dial : TON ;
14     TON_dia2 : TON ;
15     TON_dia3 : TON ;
16     TON_3h : TON ;
17     TON_dial_50 : TON ;
18     TON_dial_100 : TON ;
19     TON_dia2_100 : TON ;
20     TON_dia3_100 : TON ;
21     TON_dia2_50 : TON ;
22     TON_dia3_50 : TON ;
23     TON_5h : TON ;
24     TON_dial_25 : TON ;
25     TON_dia2_25 : TON ;
26     TON_dia3_25 : TON ;
27     S01_Modbus : BOOL ;
28     S02_Modbus : BOOL ;
29     S03_Modbus : BOOL ;
30     S04_Modbus : BOOL ;
31     S05_Modbus : BOOL ;
32     S01 : BOOL ;
33     SR_1 : SR ;
34     SR_2 : SR ;
35     SR_3 : SR ;
36     SR_4 : SR ;
37     SR_5 : SR ;
38     T1a : TON ;
39     T2a : TON ;
40     T3a : TON ;
41     T4a : TON ;
42     T5a : TON ;
43     Acender_50 : BOOL ;
44     TON_5min : TON ;
45     Acender : SR ;
46     In : TIME ;
47 END_VAR
48

```

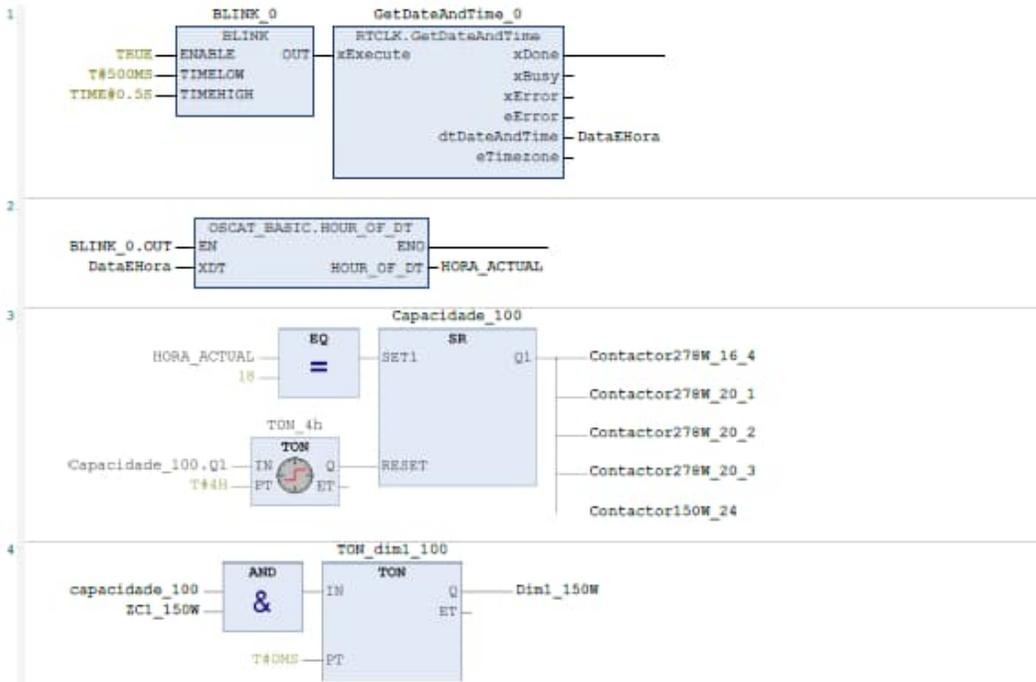


Figura A4 - 22. Extrato do programa da secção 1

Fonte: Própria, 2024

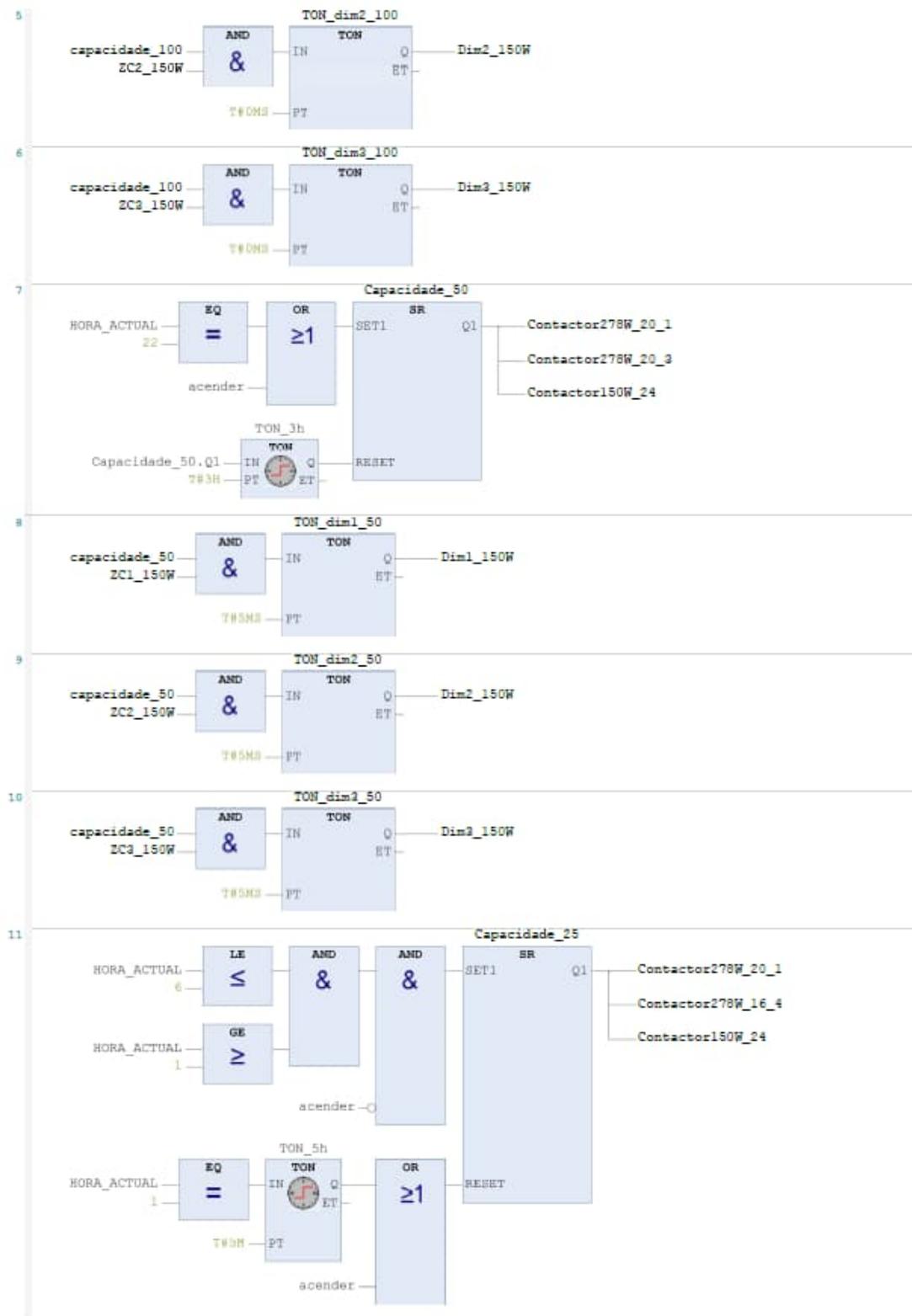


Figura A4 -23. Extrato do programa da secção 1

Fonte: Própria, 2024

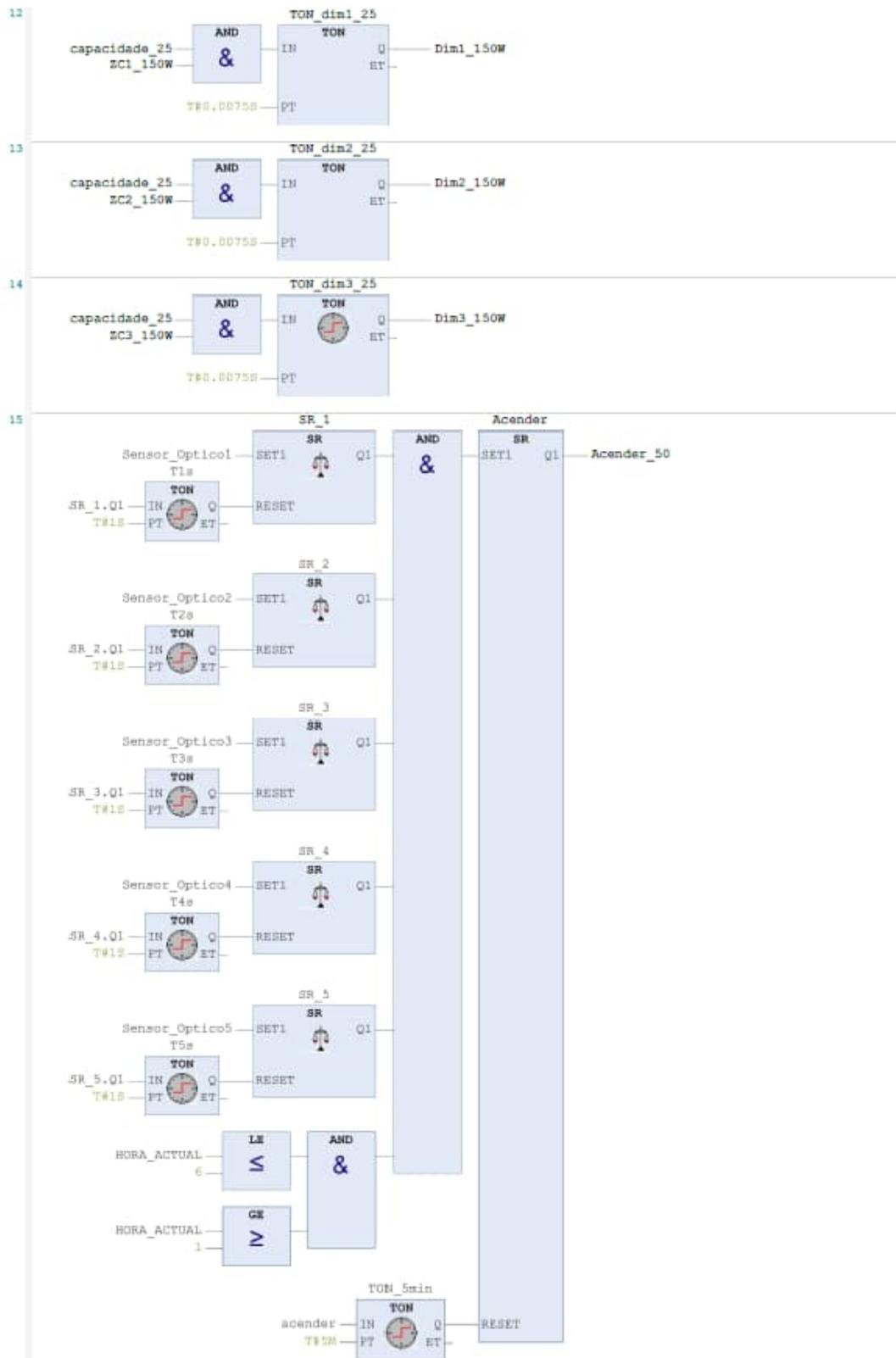


Figura A4 -24. Extrato do programa da secção 1

Fonte: Própria, 2024

```

1 PROGRAM Seccao_2A_e_2B
2 VAR
3
4   GetDataAndTime_0 : RTCLK.GetDateAndTime ;
5   DataEHora : DATE_AND_TIME ;
6   BLINK_0 : BLINK ;
7   HORA_ACTUAL : INT ;
8   Capacidade_100 : SR ;
9   Capacidade_50 : SR ;
10  Capacidade_25 : SR ;
11  Hora_de_sol : BOOL ;
12  TON_4h : TON ;
13  TON_dim1 : TON ;
14  TON_dim2 : TON ;
15  TON_dim3 : TON ;
16  TON_3h : TON ;
17  TON_dim1_50 : TON ;
18  TON_dim1_100 : TON ;
19  TON_dim2_100 : TON ;
20  TON_dim3_100 : TON ;
21  TON_dim2_50 : TON ;
22  TON_dim3_50 : TON ;
23  TON_5h : TON ;
24  TON_dim1_25 : TON ;
25  TON_dim2_25 : TON ;
26  TON_dim3_25 : TON ;
27  SO1_Modbus : BOOL ;
28  SO2_Modbus : BOOL ;
29  SO3_Modbus : BOOL ;
30  SO4_Modbus : BOOL ;
31  SO5_Modbus : BOOL ;
32  SO1 : BOOL ;
33  SR_1 : SR ;
34  SR_2 : SR ;
35  SR_3 : SR ;
36  SR_4 : SR ;
37  SR_5 : SR ;
38  T1a : TON ;
39  T2a : TON ;
40  T3a : TON ;
41  T4a : TON ;
42  T5a : TON ;
43  Acender_50 : BOOL ;
44  TON_5min : TON ;
45  Acender : SR ;
46  In : TIME ;
47 END_VAR
48

```

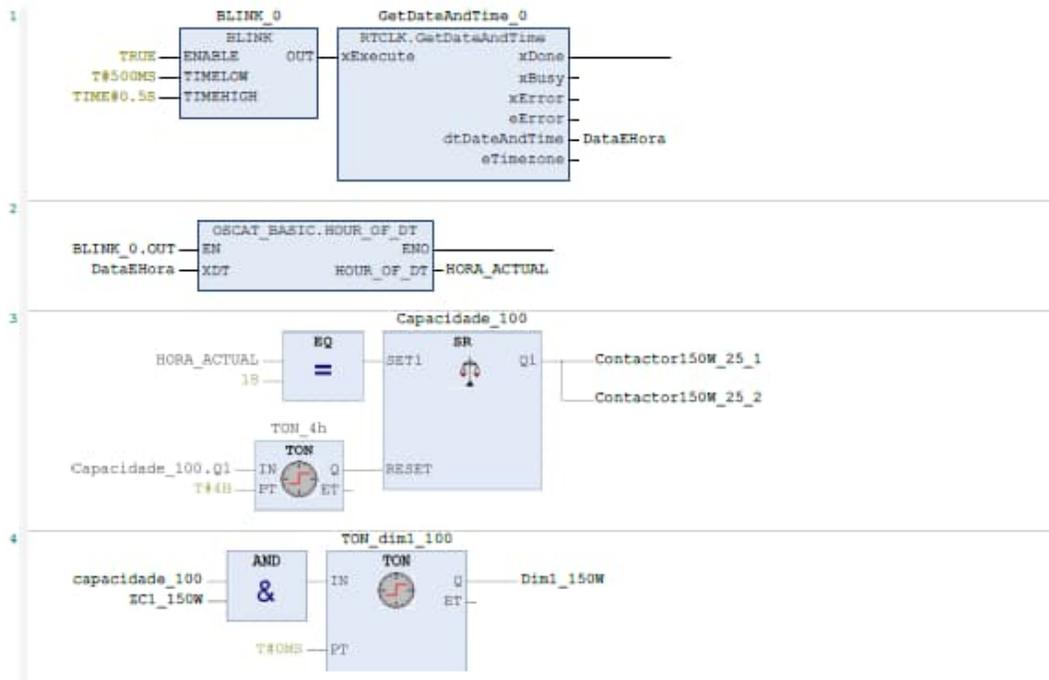


Figura A4 - 25. Extrato do programa da secção 2

Fonte: Própria, 2024



Figura A4 - 26. Extrato do programa da secção 2

Fonte: Própria, 2024

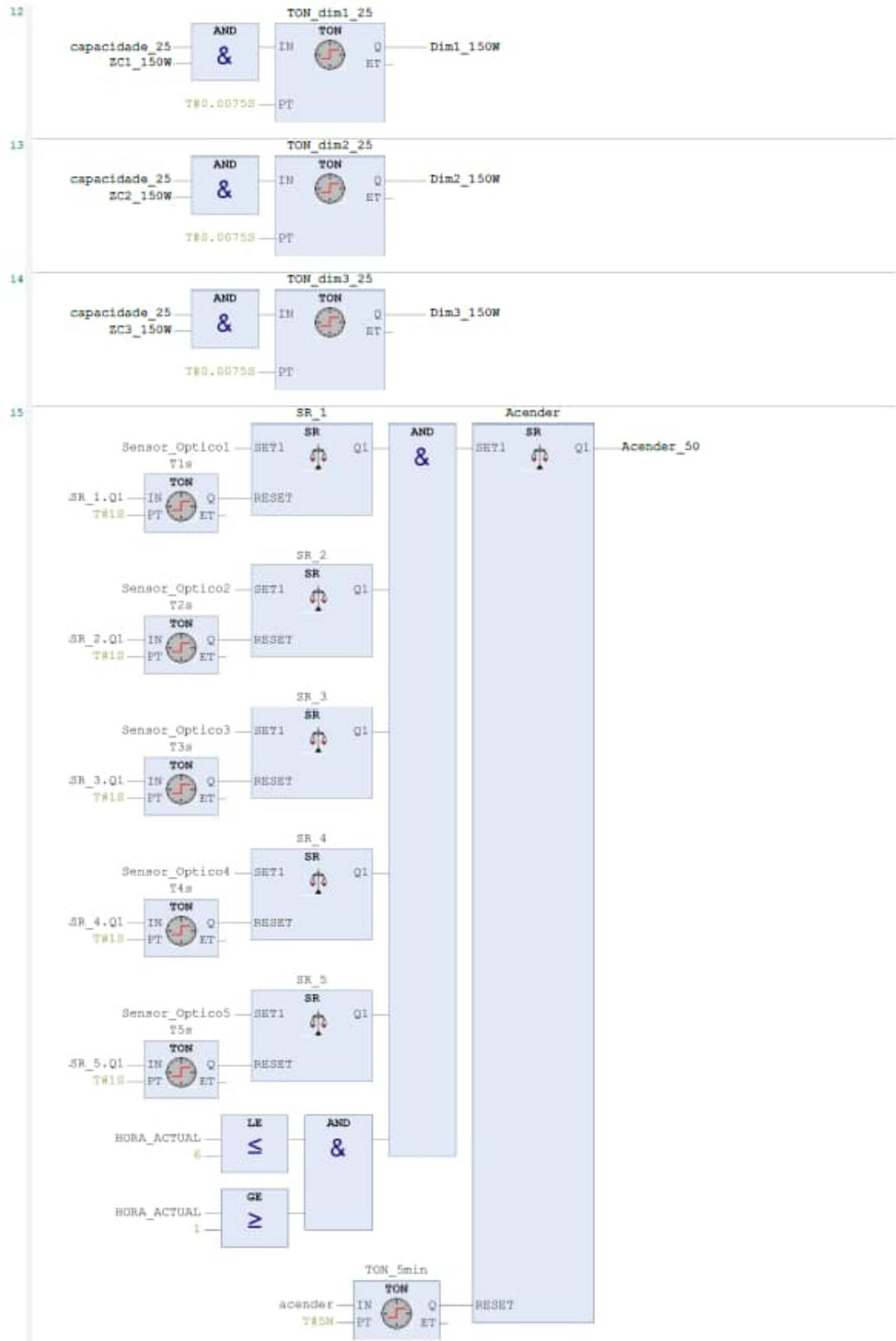


Figura A4 - 27. Extrato do programa da secção 2

Fonte: Própria, 2024

```

1  PROGRAM Seccao_3
2  VAR
3
4      GetDataAndTime_0 : RTCLK.GetDateAndTime ;
5      DataEHora : DATE_AND_TIME ;
6      BLINK_0 : BLINK ;
7      HORA_ACTUAL : INT ;
8      Capacidade_100 : SR ;
9      Capacidade_50 : SR ;
10     Capacidade_25 : SR ;
11     Hora_de_sol : BOOL ;
12     TON_4h : TON ;
13     TON_dia1 : TON ;
14     TON_dia2 : TON ;
15     TON_dia3 : TON ;
16     TON_3h : TON ;
17     TON_dia1_50 : TON ;
18     TON_dia1_100 : TON ;
19     TON_dia2_100 : TON ;
20     TON_dia3_100 : TON ;
21     TON_dia2_50 : TON ;
22     TON_dia3_50 : TON ;
23     TON_5h : TON ;
24     TON_dia1_25 : TON ;
25     TON_dia2_25 : TON ;
26     TON_dia3_25 : TON ;
27     SO1_Modbus : BOOL ;
28     SO2_Modbus : BOOL ;
29     SO3_Modbus : BOOL ;
30     SO4_Modbus : BOOL ;
31     SO5_Modbus : BOOL ;
32     SO1 : BOOL ;
33     SR_1 : SR ;
34     SR_2 : SR ;
35     SR_3 : SR ;
36     SR_4 : SR ;
37     SR_5 : SR ;
38     T1a : TON ;
39     T2a : TON ;
40     T3a : TON ;
41     T4a : TON ;
42     T5a : TON ;
43     Acender_50 : BOOL ;
44     TON_5min : TON ;
45     Acender : SR ;
46     in : TIME ;
47     TON_dia4_100 : TON ;
48     dia4_150W : BOOL ;
49     SC4_150W : BOOL ;
50     TON_dia5_100 : TON ;
51     dia5_150W : BOOL ;
52     SC5_150W : BOOL ;
53     TON_dia4_50 : TON ;
54     TON_dia5_50 : TON ;
55     TON_dia4_25 : TON ;
56     TON_dia5_25 : TON ;
57  END_VAR
58

```

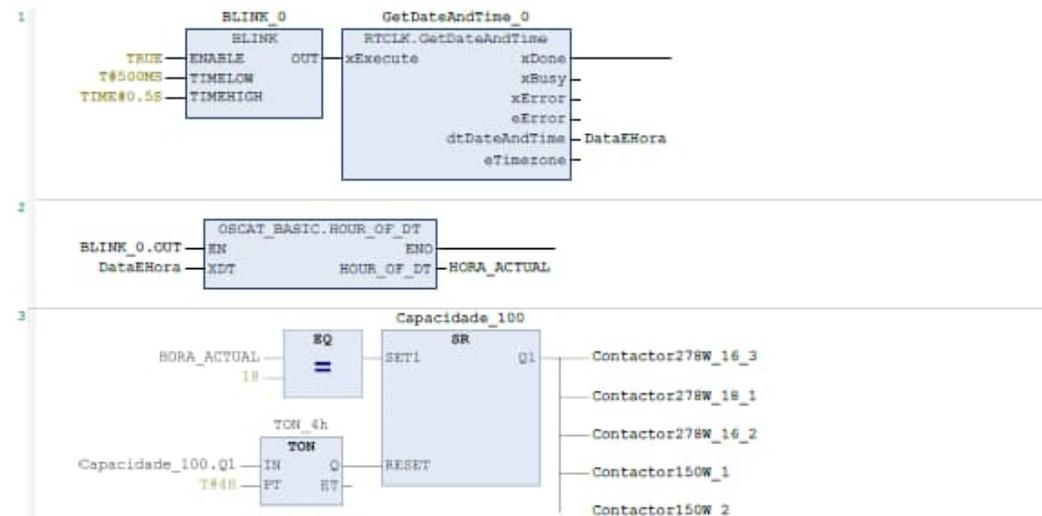


Figura A4 - 28. Extrato do programa da secção 3

Fonte: Própria, 2024



Figura A4 - 29. Extrato do programa da secção 3

Fonte: Própria, 2024



Figura A4 - 30. Extrato do programa da secção 3

Fonte: Própria, 2024

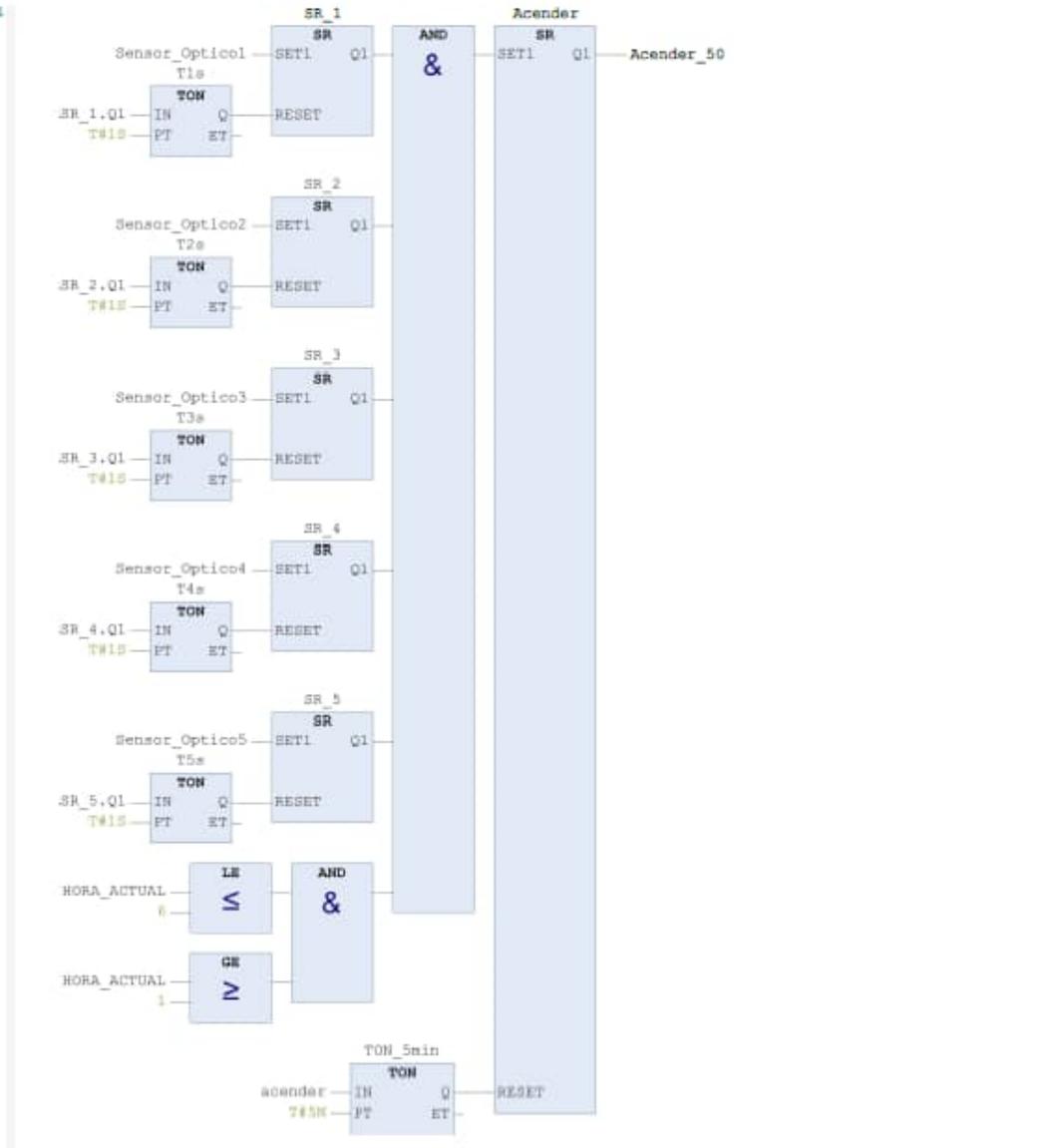


Figura A4 - 31. Extrato do programa da secção 3

Fonte: Própria, 2024

```

1  PROGRAM Seccao_4a10
2  VAR
3
4      GetDataAndTime_0 : RTCLK.GetDateAndTime ;
5      DataEHora : DATE_AND_TIME ;
6      BLINK_0 : BLINK ;
7      HORA_ACTUAL : INT ;
8      Capacidade_100 : SR ;
9      Capacidade_50 : SR ;
10     Capacidade_25 : SR ;
11     Hora_da_soc1 : BOOL ;
12     TON_4h : TON ;
13     TON_dim1 : TON ;
14     TON_dim2 : TON ;
15     TON_dim3 : TON ;
16     TON_3h : TON ;
17     TON_dim1_50 : TON ;
18     TON_dim1_100 : TON ;
19     TON_dim2_100 : TON ;
20     TON_dim3_100 : TON ;
21     TON_dim2_50 : TON ;
22     TON_dim3_50 : TON ;
23     TON_5h : TON ;
24     TON_dim1_25 : TON ;
25     TON_dim2_25 : TON ;
26     TON_dim3_25 : TON ;
27     SO1_ModBus : BOOL ;
28     SO2_ModBus : BOOL ;
29     SO3_ModBus : BOOL ;
30     SO4_ModBus : BOOL ;
31     SO5_ModBus : BOOL ;
32     SO1 : BOOL ;
33     SR_1 : SR ;
34     SR_2 : SR ;
35     SR_3 : SR ;
36     SR_4 : SR ;
37     SR_5 : SR ;
38     T1a : TON ;
39     T2a : TON ;
40     T3a : TON ;
41     T4a : TON ;
42     T5a : TON ;
43     Acender_50 : BOOL ;
44     TON_5min : TON ;
45     Acnder : SR ;
46     In : TIME ;
47  END_VAR
48

```

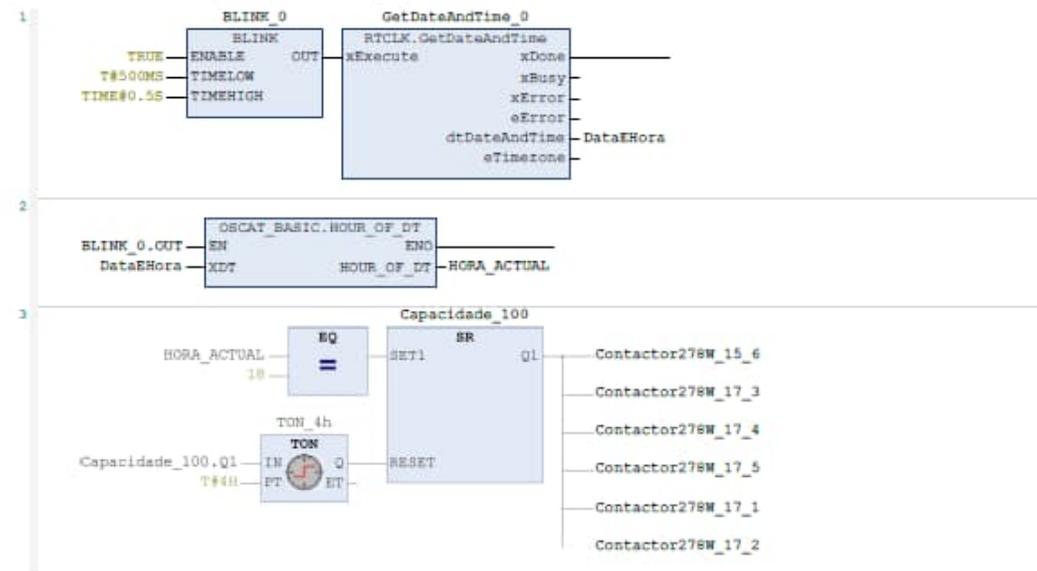


Figura A4 - 32. Extrato do programa da secção 4-10

Fonte: Própria, 2024

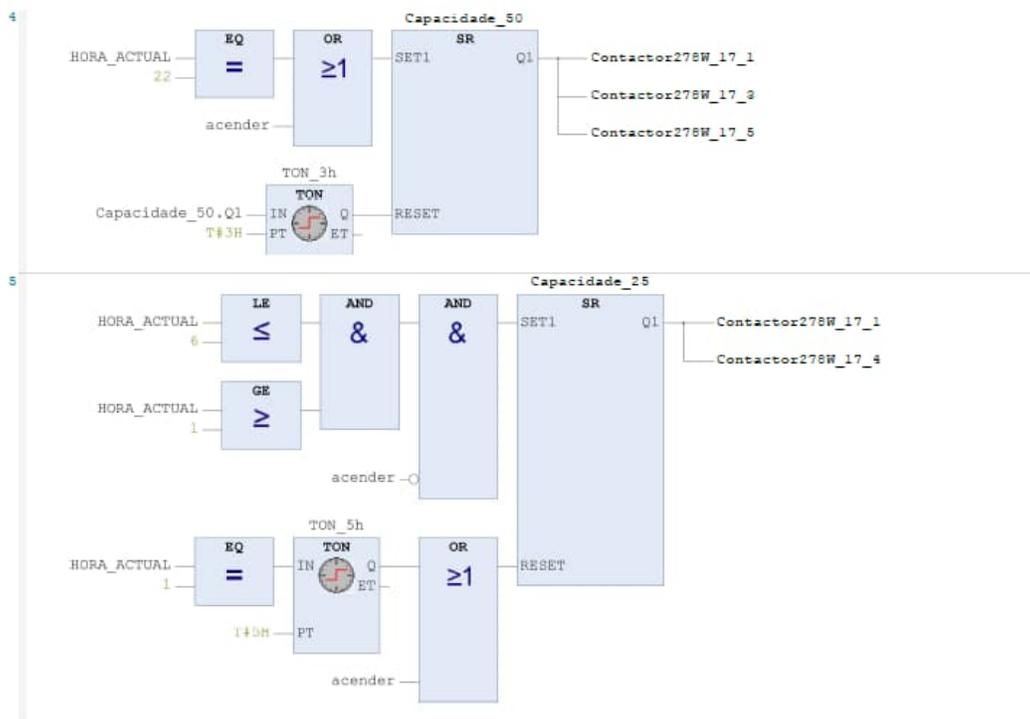


Figura A4 - 33. Extrato do programa da secção 4-10

Fonte: Própria, 2024

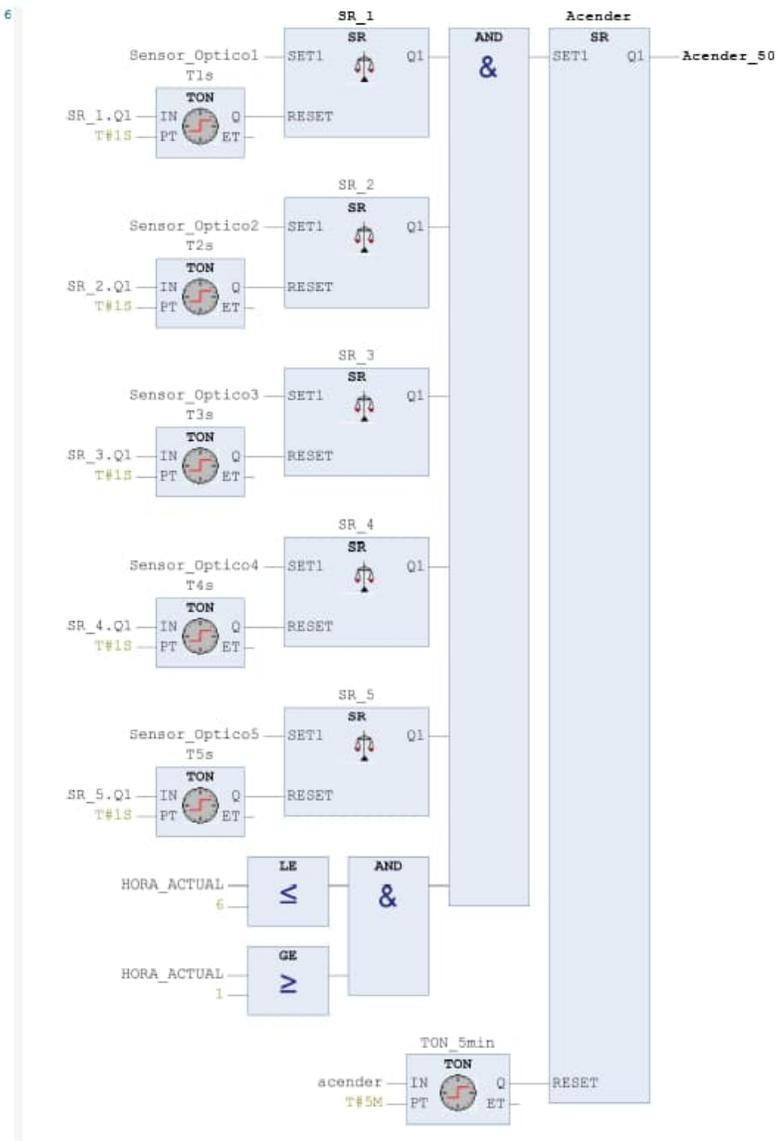


Figura A4 - 34. Extrato do programa da secção 4-10

Fonte: Própria, 2024

```

1 PROGRAM Seccao_11
2 VAR
3
4     GetDateAndTime_0 : RTCLK.GetDateAndTime ;
5     DataEHora : DATE_AND_TIME ;
6     BLINK_0 : BLINK ;
7     HORA_ACTUAL : INT ;
8     Capacidade_100 : SR ;
9     Capacidade_50 : SR ;
10    Capacidade_25 : SR ;
11    Hora_de_aol : BOOL ;
12    TON_4h : TON ;
13    TON_dim1 : TON ;
14    TON_dim2 : TON ;
15    TON_dim3 : TON ;
16    TON_3h : TON ;
17    TON_dim1_50 : TON ;
18    TON_dim1_100 : TON ;
19    TON_dim2_100 : TON ;
20    TON_dim3_100 : TON ;
21    TON_dim2_50 : TON ;
22    TON_dim3_50 : TON ;
23    TON_5h : TON ;
24    TON_dim1_25 : TON ;
25    TON_dim2_25 : TON ;
26    TON_dim3_25 : TON ;
27    S01_Modbus : BOOL ;
28    S02_Modbus : BOOL ;
29    S03_Modbus : BOOL ;
30    S04_Modbus : BOOL ;
31    S05_Modbus : BOOL ;
32    S01 : BOOL ;
33    SR_1 : SR ;
34    SR_2 : SR ;
35    SR_3 : SR ;
36    SR_4 : SR ;
37    SR_5 : SR ;
38    T1s : TON ;
39    T2s : TON ;
40    T3s : TON ;
41    T4s : TON ;
42    T5s : TON ;
43    Acender_50 : BOOL ;
44    TON_5min : TON ;
45    Acender : SR ;
46    In : TIME ;
47 END_VAR
48

```

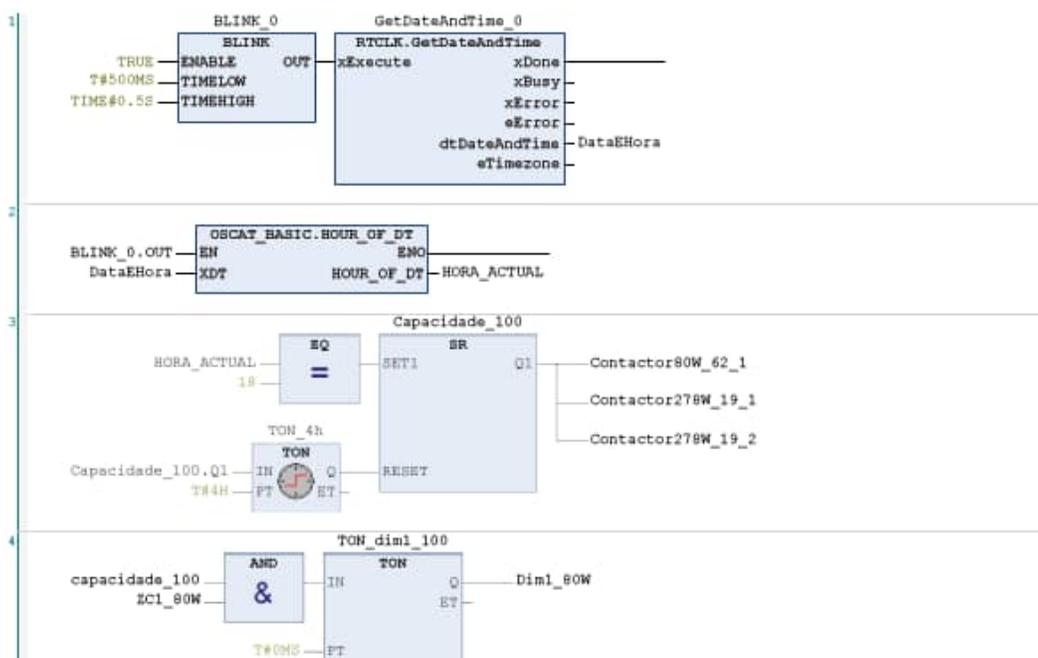


Figura A4 - 35. Extrato do programa da secção 11

Fonte: Própria, 2024



Figura A4 - 36. Extrato do programa da secção 11

Fonte: Própria, 2024

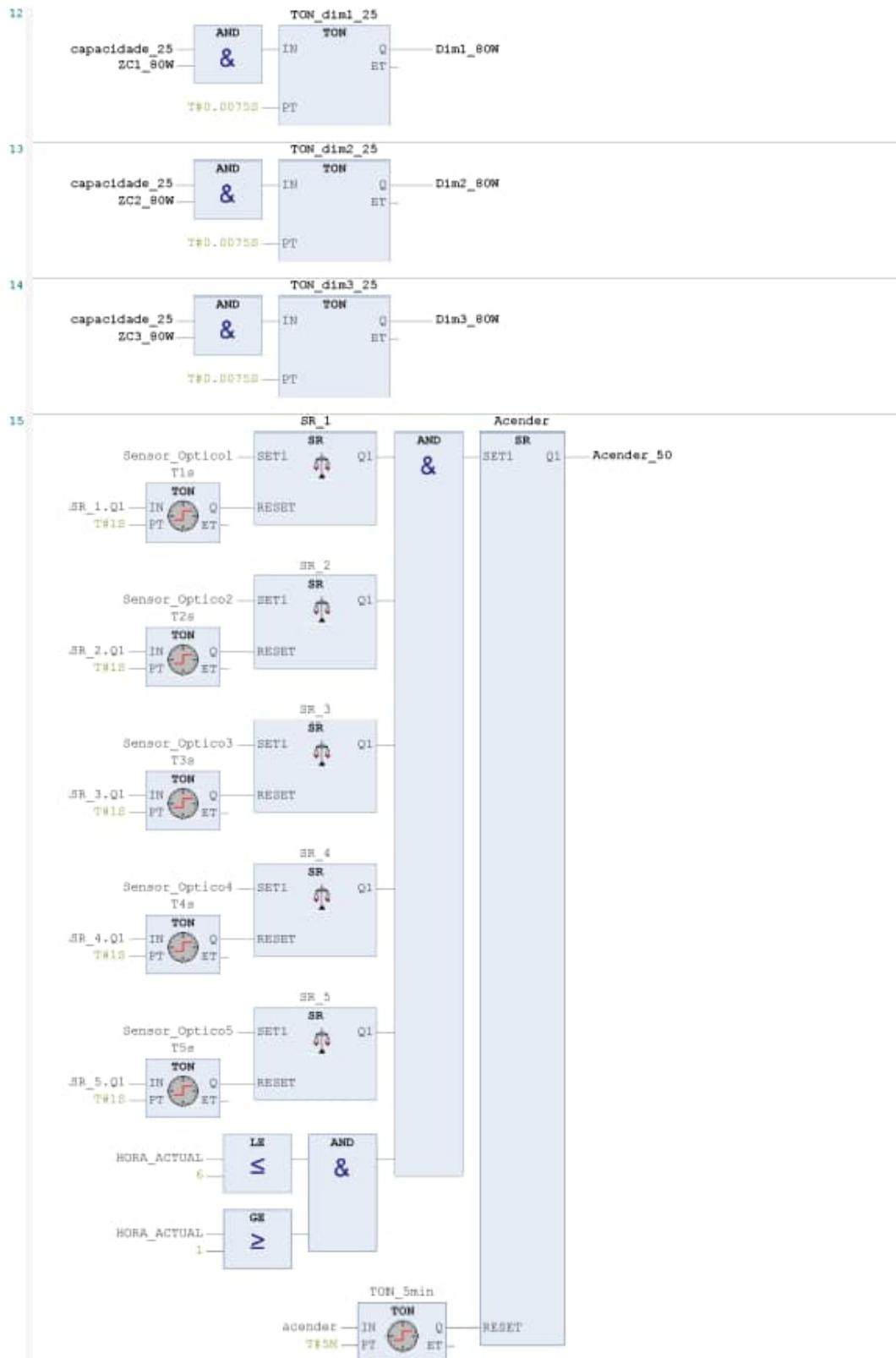


Figura A4 - 37. Extrato do programa da secção 11

Fonte: Própria, 2024

```

1 PROGRAM Seccao_12a15
2 VAR
3
4     GetDataAndTime_0 : RTCLK.GetDateAndTime ;
5     DataEHora : DATE_AND_TIME ;
6     BLINK_0 : BLINK ;
7     HORA_ACTUAL : INT ;
8     Capacidade_100 : SR ;
9     Capacidade_50 : SR ;
10    Capacidade_25 : SR ;
11    Hora_de_sol : BOOL ;
12    TON_4h : TON ;
13    TON_dia1 : TON ;
14    TON_dia2 : TON ;
15    TON_dia3 : TON ;
16    TON_3h : TON ;
17    TON_dia1_50 : TON ;
18    TON_dia1_100 : TON ;
19    TON_dia2_100 : TON ;
20    TON_dia3_100 : TON ;
21    TON_dia2_50 : TON ;
22    TON_dia3_50 : TON ;
23    TON_5h : TON ;
24    TON_dia1_25 : TON ;
25    TON_dia2_25 : TON ;
26    TON_dia3_25 : TON ;
27    SO1_Modbus : BOOL ;
28    SO2_Modbus : BOOL ;
29    SO3_Modbus : BOOL ;
30    SO4_Modbus : BOOL ;
31    SO5_Modbus : BOOL ;
32    SO1 : BOOL ;
33    SR_1 : SR ;
34    SR_2 : SR ;
35    SR_3 : SR ;
36    SR_4 : SR ;
37    SR_5 : SR ;
38    T1a : TON ;
39    T2a : TON ;
40    T3a : TON ;
41    T4a : TON ;
42    T5a : TON ;
43    Acender_50 : BOOL ;
44    TON_5min : TON ;
45    Acender : SR ;
46    In : TIME ;
47 END_VAR
48

```

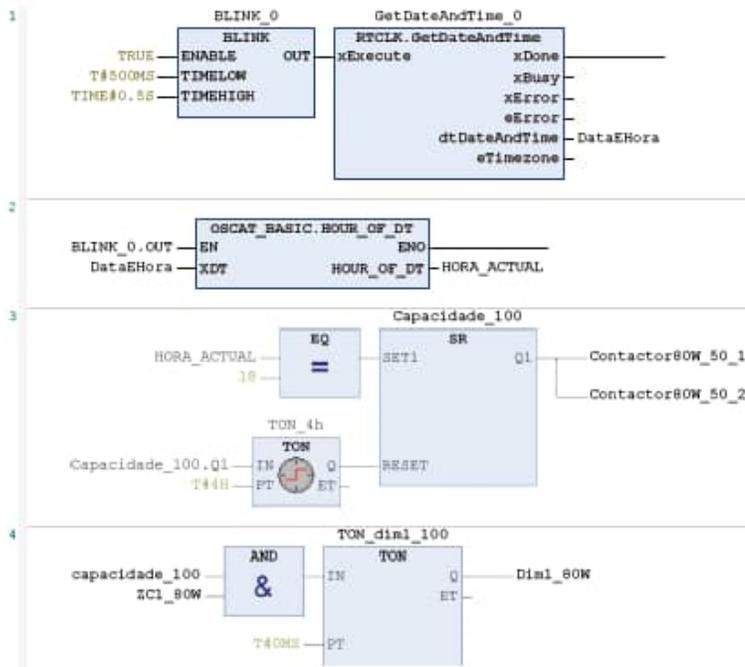


Figura A4 - 38. Extrato do programa da secção 12-15

Fonte: Própria, 2024



Figura A4 - 39. Extrato do programa da secção 12-15

Fonte: Própria, 2024

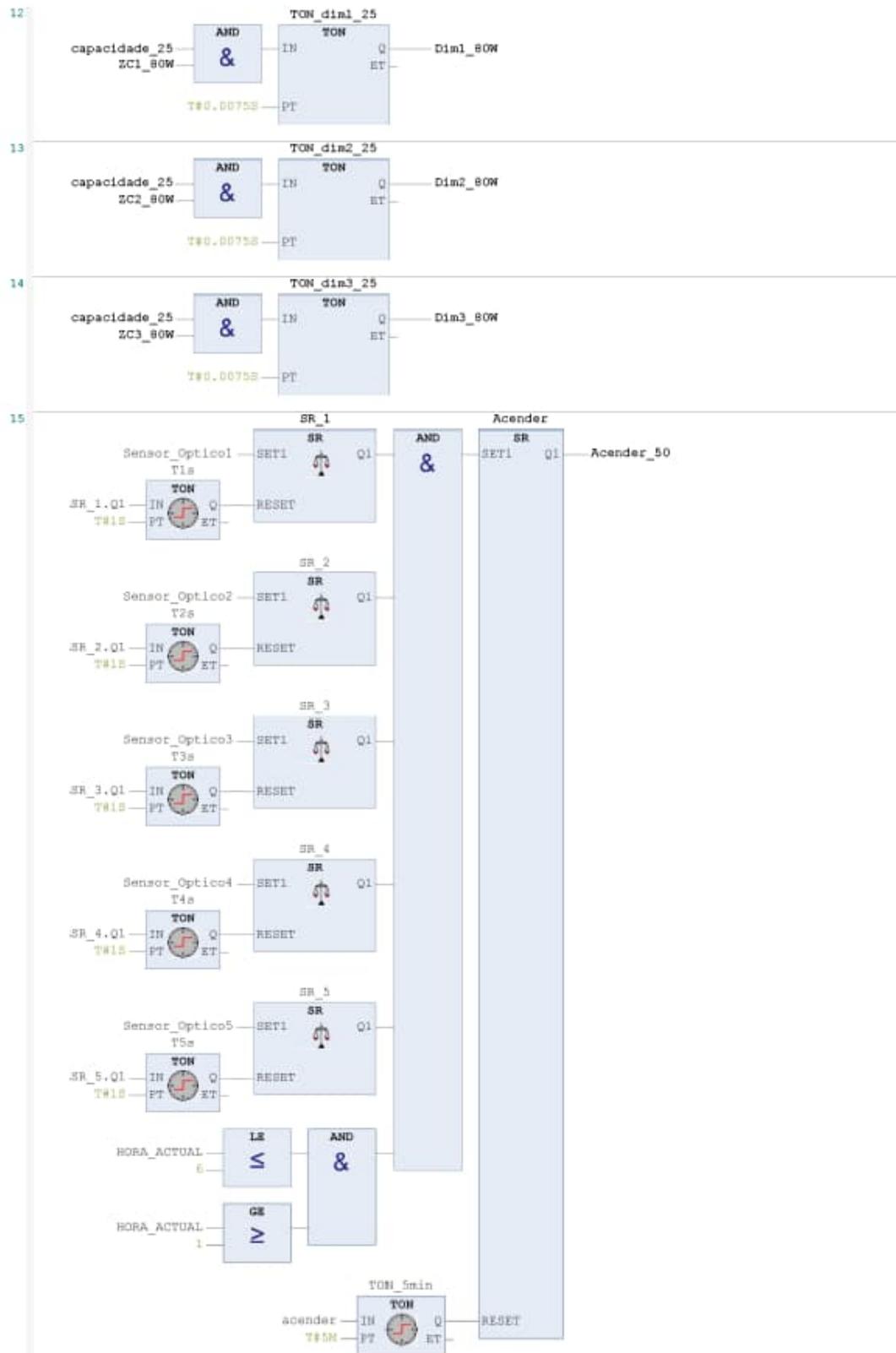


Figura A4 - 40. Extrato do programa da secção 12-15

Fonte: Própria, 2024

Anexo 5 – ORÇAMENTO

Tabela A5.1 – 41. Orçamento

Material	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
Raspberry Pi 4 B+	16	3.900Mt	62.400Mt
Contator Hechsen (12V, 220V, 25A)	67	840Mt	56.280Mt
Sensor ótico	75	70Mt	5.250Mt
Fotocélulas	1490	230Mt	342.700Mt
Elevador de tensão 3V-12V	67	30Mt	2.000Mt
Dimmer MC-8A	41	530Mt	22.000Mt
Switches	16	520Mt	8.500Mt
Conversor RS-485 → MODBUS	94	400Mt	37.600Mt
RS-485 (16 inputs)	94	1.360Mt	128.000Mt
Fios condutores para SBC	1600m	195Mt	312.000Mt
Fonte de alimentação 12V	16	1000	16.000Mt
Cabos Ethernet	94	500	47.000Mt
Mão de obra			208.000Mt
Treinamento			100.000Mt
Software de Programação (Codesys)	1	Gratuito	0Mt
Software de Supervisão (ScadaBr)	1	Gratuito	0Mt
Reserva			300.000Mt
Total			1.647.730Mt

Fonte: Própria, 2024.

Nota: É importante realçar que os dados apresentados dos preços dos materiais a adquirir para uma possível materialização, foram verificados em diferentes sítios de web mencionados na bibliografia do presente trabalho. Os custos encontravam-se em diversas moedas diferentes, e as taxas de cambio na data de pesquisa podem ser encontradas na tabela abaixo:

Tabela A5.2-41. Taxas de câmbio consultadas no dia 7 de maio de 2024

Euro (1 €)	70Mt
Dólar americano (1\$)	65Mt
Rande sul-africano (1ZAR)	3.6Mt

Fonte: Própria, 2024

Anexo 6 – ACTA DE ENCONTROS REGULARES

Tabela A6-42. Acta de encontro do dia 30.01.24



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELTLD09	DATA:	19.02.24
---------------------	-------------	-------	----------

1. AGENDA:

Primeira interação entre supervisor e estudante;
Determinação de diretrizes iniciais para dar início ao processo de pesquisa e escolha de tema.

2. PRESENÇAS

	Nomes	Assinaturas
Supervisor	Eng. Zefanias Mabote	
Estudante	Britt Utui	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Foram explicados pelo supervisor, todos os procedimentos a seguir necessários para a execução do trabalho de licenciatura;
A estudante apresentou a ideia inicial da área de engenharia elétrica que gostaria de explorar no trabalho de licenciatura, e apresentou alguns temas de seu interesse.

4. RECOMENDAÇÕES:

Foi recomendado que todos os requisitos existentes no regulamento da faculdade referentes ao trabalho de licenciatura fossem devidamente observados e seguidos;
Recomendou-se também uma especial atenção na escolha do tema, de modo que seja um tema com grande relevância, e possível de ser implementado em curto a medio prazo.

5. OBSERVAÇÕES:	
-----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO:	11.03.2024
------------------------------	------------

Tabela A6-43. Acta de encontro do dia 11.03.24



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELTLD09	DATA:	19.02.24
---------------------	-------------	-------	----------

1. AGENDA:

Discussão sobre a escolha do tema e essência do trabalho de licenciatura;
Análise do TAT e recomendações de melhorias.

2. PRESENCAS

	Nomes	Assinaturas
Supervisor	Eng. Zefanias Mabote	
Estudante	Britt Utui	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Foi explicado ao supervisor, o tema escolhido para o trabalho, e o funcionamento previsto do sistema a desenvolver;
O supervisor, realizou correções necessárias no TAT inicial.

4. RECOMENDAÇÕES:

Foi recomendado pelo supervisor, que após realizadas todas as correções, o TAT fosse reenviado para assinatura, e submissão ao coordenador de trabalho de licenciatura, para aprovação.

5. OBSERVAÇÕES:	
-----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO:	27.03.2024
------------------------------	------------

Tabela A6-44. Acta de encontro do dia 27.03.24



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELTLD09	DATA:	19.02.24
---------------------	-------------	-------	----------

1. AGENDA:

Revisão das correções implementadas no TAT pelo coordenador de trabalho de licenciatura

2. PRESENCAS

	Nomes	Assinaturas
Supervisor	Eng. Zefanias Mabote	
Estudante	Britt Utui	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Foram executadas todas as correções recomendadas pelo coordenador de trabalho de licenciatura e o TAT foi submetido para aprovação da comissão científica;

4. RECOMENDAÇÕES:

Foi recomendado pelo supervisor, que continuasse a desenvolver o trabalho de licenciatura, e enviando o estado atual até ter a aprovação da comissão científica.

5. OBSERVAÇÕES:	
------------------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO:	01.05.2024
-------------------------------------	------------

Tabela A6-45. Acta de encontro do dia 01.05.24



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELTLD09	DATA:	19.02.24
---------------------	-------------	-------	----------

1. AGENDA:

Análise do estado atual do trabalho de licenciatura pelo supervisor e recomendações de melhorias.

2. PRESENÇAS

	Nomes	Assinaturas
Supervisor	Eng. Zefanias Mabote	
Estudante	Britt Utui	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

O supervisor incentivou a continuação do desenvolvimento do trabalho, e realizou diversas anotações ao longo do mesmo, determinando correções e melhorias que deveriam ser feitas no trabalho.

4. RECOMENDAÇÕES:

Foi recomendado pelo supervisor, que as correções no trabalho fossem devidamente feitas.

5. OBSERVAÇÕES:

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO: 22.05.2024

Tabela A6-46. Acta de encontro do dia 22.05.24



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELTLD09	DATA:	19.02.24
---------------------	-------------	-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação da primeira proposta final do relatório escrito;
Receção de recomendações do supervisor, para melhorar o estado final do relatório escrito.

2. PRESENÇAS

	Nomes	Assinaturas
Supervisor	Eng. Zefanias Mabote	
Estudante	Britt Utui	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Foi entregue ao supervisor, a primeira proposta final do relatório escrito para possível aprovação, e foram escutadas, pela estudante, as recomendações de melhoria.
--

4. RECOMENDAÇÕES:

Foi recomendado que algumas revisões fossem feitas no trabalho tendo em conta o regulamento académico.
--

5. OBSERVAÇÕES:	
-----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO:	03.06.2024
------------------------------	------------

Tabela A6-47. Acta de encontro do dia 03.06.24



**UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELTLD09	DATA:	19.02.24
---------------------	-------------	-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação da proposta final do relatório escrito;
Assinatura de documentos para submissão do trabalho de licenciatura

2. PRESENCAS

	Nomes	Assinaturas
Supervisor	Eng. Zefanias Mabote	
Estudante	Britt Utui	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Todas as cópias do trabalho de licenciatura a serem entregues foram verificadas e assinadas para posterior submissão do trabalho.

4. RECOMENDAÇÕES:

--

5. OBSERVAÇÕES:	
------------------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO:	N/A
-------------------------------------	-----

Anexo 7 – RELATÓRIO DE PROGRESSO

Tabela A7-48. Relatório de Progresso



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

Relatório de Progresso

REFERÊNCIA DO TEMA: 2024ELTLD09

1. ATIVIDADES PLANIFICADAS

ATIVIDADE	PRAZO PREVISTO
1. Escolha e pesquisa do tema	Fevereiro de 2024
2. Levantamento bibliográfico	Março de 2024
3. Escolha de instrumentos de recolha de dados	Março de 2024
4. Pesquisa de campo	Abril de 2024
5. Redação da revisão bibliográfica	Março de 2024
6. Desenvolvimento do Sistema Personalizado	Abril de 2024
7. Dimensionamento dos equipamentos do projeto	Abril de 2024
8. Redação da Análise e dados e resultados	Maior de 2024
9. Redação das conclusões e referencias bibliográficas	Maior de 2024
10. Revisão e redação final	Maior de 2024
11. Submissão do relatório final	Junho de 2024

2. CONTROLE DE EXECUÇÃO

ATV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	19.02.24	100%	Tema escolhido e pesquisas executadas	
2	27.03.24	100%	Elaboração e submissão do TAT e plano de atividades	
3	20.03.24	100%		
4	19.04.24	100%		
5	12.03.24	100%	Conclusão e envio da pesquisa bibliográfica	
6	08.05.24	90%	Sistema desenvolvido e testes de simulação executados	
7	08.05.24	100%		
8	08.05.24	100%		
9	08.05.24	100%		
10	30.05.24	100%		
11	03.06.24	100%		

Anexo 8 – FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

(Auxiliar para o supervisor)

Nome da estudante: BRITT NICOLE DE ROGÉRIO UTUI

Referência do tema: 2024ELTLD09

Data: ___/___/___

Título do tema: PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA GESTÃO DE AVARIAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS ESTRADAS GERIDAS PELA REVIMO, SA.

Indicador	Classificação				
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
Total de pontos (max: 35)					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35)

Nota (=Total*20/35)



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO - Oponente

Nome da estudante: BRITT NICOLE DE ROGÉRIO UTUI

Referência do tema: 2024ELTLD09

Data: ____/____/____

Título do tema: PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA GESTÃO DE AVARIAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS ESTRADAS GERIDAS PELA REVIMO, SA.

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max.: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objetivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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	9	10
Secção 2 subtotal (max.: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objetivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max.: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correta, referências, etc.)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max.: 20)					

Total de pontos (max.: 100)

Nota (=Total*0,2)

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

O Oponente

Maputo, _____ de junho de 2024



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome da estudante: BRITT NICOLE DE ROGÉRIO UTUI

Referência do tema: 2024ELTLD09

Data: __/__/____

Título do tema: PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA GESTÃO DE AVARIAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS ESTRADAS GERIDAS PELA REVIMO, SA.

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max.: 10)										

2. Organização e explanação										
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		
Secção 2 subtotal (max.: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3.1. Uso efetivo 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					
Secção 3 subtotal (max.: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exatidão 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
Secção 3 subtotal (max.: 50)										

Total de pontos (max.: 100)		Nota (=Total*0,2)	
------------------------------------	--	--------------------------	--

OS MEMBROS DO JURI:

	ASSINATURAS
Membro 1 (O Presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

Anexo 11 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA
F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome da estudante: BRITT NICOLE DE ROGÉRIO UTUI

Referência do tema: 2024ELTLD09

Data: ___/___/___

Título do tema: PROPOSTA DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA GESTÃO DE AVARIAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA NAS ESTRADAS GERIDAS PELA REVIMO, SA.

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40
CLASSIFICAÇÃO FINAL $=(N1*A+N2*B) /100$		

OS MEMBROS DO JURI:

	ASSINATURAS
Membro 1 (O Presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

Maputo, _____ de julho de 2024