



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Título:

**OPTIMIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO SISTEMA
FOTOVOLTAICO EM UM LOTE DO BAIRRO 3 DE FEVEREIRO**

AUTOR:

Danílson Eugénio Macita

SUPERVISOR:

Engº Manuel Telles

Maputo, Julho de 2022



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Título:

**OPTIMIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO SISTEMA
FOTOVOLTAICO EM UM LOTE DO BAIRRO 3 DE FEVEREIRO**

AUTOR:

Danílson Eugénio Macita

SUPERVISOR:

Engº Manuel Telles

Maputo, Julho de 2022



DIRECÇÃO REGIONAL DA CIDADE DE MAPUTO

Para:
Universidade Eduardo Mondlane
Faculdade de Engenharia

Nossa Referência:
40/DRCM/2022
No. de Páginas: 1+0

Vossa Referência:

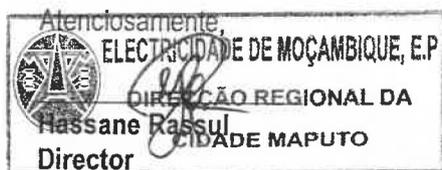
Data:
14-02-2022

Contacto:
Ana Mabjaia
Ana.mabjaia@edm.co.mz
Telefone: +258 845138990

Assunto: Pedido de Estágio

Exmos Senhores

Acusamos a recepção carta datada de 08 de Março de 2022, através da qual solicita estágio profissional para o senhor **Danilson Eugénio Macita**, estudante do curso de Engenharia Eléctrica, por um período de três (3) meses. informamos que dispomos de condições para acolher o estudante supra, devendo o mesmo apresentar-se no sector de Recursos Humanos desta Direcção durante as horas normais de expediente, cumprindo com as medidas de prevenção a COVID-19 e munido de apólice de seguros contra acidentes de trabalho e equipamento de apropriado de HST(Fato macaco, botas, luvas e capacete).





**ELECTRICIDADE DE
MOÇAMBIQUE-EP**

DIRECÇÃO REGIONAL DE MAPUTO CIDADE
Av. Milagre Mabote, 3660 - Telefone 460235 – Fax- 460258

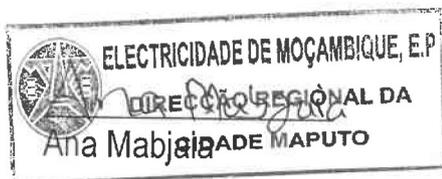
GUIA DE APRESENTAÇÃO Nº69/DRCM/RH/2022

Segue a apresentar-se na ASC Ka Guava, o senhor **Danilson Eugénio Macita**, estudante do curso de Engenharia Electrica, para efeitos de realização de estágio pré-profissional, com início previsto para o dia de 28 de Março, com término no dia **28 de Junho de 2022**.

É de salientar que à luz da Circular nº11/DRH/2016, de 19 de Abril, os estagiários estão interditos de realizarem trabalhos de elevado risco (trabalhos em tensão e em altura). Nos trabalhos que forem alocados devem ser acompanhados sempre por um técnico da EDM qualificado.

Maputo, aos 25 de Março de 2022

Recursos Humanos



Página 1(1)



ELECTRICIDADE
DE MOÇAMBIQUE, E.P

ÁREA DE SERVIÇO AO CLIENTE DE KA GUAVA
DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO
FICHA DE REGISTO DE ESTAGIO

Nome : Danilson Egenio Macita
Especialidade : Engenharia Electrica
Tipo de Trabalho Desenvolvido :

Extensão, Manutenção e Melhoramento de redes em media e baixa tensão, Manutenção e Montagem de PT,s e reparação da iluminação pública.

Tempo de Estagio: de 28 de Março a 28 de Maio de 2022
Horario de Trabalho: Das 07: 30 as 15h: 30 horas

Classificação do Estágio

Excelente	Bom	Suficiente	Insuficiente
	X		

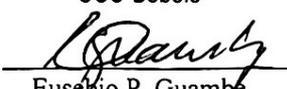
Observação Geral

Assiduidade	X		
Pontualidade	X		
Comportamento	X		
Relacionamento	X		
Dedicação	X		
Conhecimentos praticos		X	
Conhecimentos Teóricos		X	

Assiduidade

Nº Total de Faltas	Justicadas	Injustificadas

Maputo, 20 de Junho de 2022
USC-Bobole


Eusebio P. Guambe





UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
Curso de Engenharia Eléctrica

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL09	Data	07/03/22
--------------------	--------------	------	----------

1. TÍTULO DO TEMA

Optimização da iluminação Pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do Bairro 3 de Fevereiro

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

2.1 Introdução

A energia elétrica é fundamental para a vida humana e está presente no nosso cotidiano a rigor. É através dela que o homem supri as suas necessidades básicas, tais como as de se locomover, comunicar, alimentar e manter a sua vida. Desse modo, o consumo de energia elétrica aumenta todos os anos como consequência do crescimento populacional, econômico e tecnológico.

De acordo com a EDM (2020) em média 23% do consumo de energia elétrica é proveniente da iluminação, incluindo a iluminação pública (IP) tornando este um tema relevante para maximizar a eficiência energética.

Vários estudos foram realizados e comprovam o alto crescimento nas necessidades energéticas de Moçambique, no país passou de 7.089GWh em 2019 para 7.265GWh em 2020 apresentando um crescimento de aproximadamente 3 % ao ano (EDM, 2020). O consumo de energia elétrica no sector de iluminação pública equivale a cerca de 2% de toda energia consumida no país, ou seja, 145,3GWh por ano. A maioria dos pontos de (IP) ainda utiliza lâmpadas a vapor de sódio, e uma pequena parte lâmpada com vapor de mercúrio e também fluorescentes, e apenas 3% utilizam lâmpadas de LED.

Desta forma, a optimização das infraestruturas de iluminação pública pode reduzir significativamente o consumo energético total.

Vários são os meios para melhorar o desempenho do sistema de iluminação pública, os mais promissores são a tecnologia LED junto as fontes renováveis em sistemas Híbridos e inteligente surgindo as SmartGrid e SmartLight.

Os sistemas fotovoltaicos utilizam a radiação solar para gerar energia elétrica, trazendo economia, sustentabilidade e uma maior eficiência energética.

2.2 Formulação do problema

A matriz energética Moçambicana atualmente conta com sua predominância em fontes renováveis, a energia hídrica continua sendo a mais importante na matriz elétrica, correspondendo a cerca de 52% da geração total em 2020, seguido das termelétricas. Há uma necessidade de aperfeiçoar e desenvolver ainda mais as fontes renováveis de modo a trazer uma maior economia, sustentabilidade e eficiência energética extinguindo as fontes não renováveis.

Hoje em Moçambique cerca de 2% de toda energia consumida anualmente, ou seja 7.265GWh é destinada a iluminação pública, No lote do bairro 3 de fevereiro é cerca de 90.072KWh, diante disso levantam-se as seguintes questões:

- Até que ponto a implantação de um sistema fotovoltaico pode gerar energia para o consumo próprio da Iluminação Pública de modo a torna-la autônoma?
- Quais os impactos que a produção energética para a Iluminação Pública usando essas alternativas pode causar a rede e na matriz energética Moçambicana?

2.3 Justificativa

O sistema fotovoltaico pode ajudar a melhorar a qualidade e eficiência energética, ajudando a dessobrecarregar a rede e estrutura de transmissão elétrica reduzindo perdas por serem fontes que podem ser implantadas próximo aos consumidores, reduzindo ou até eliminando os custos associados a iluminação Pública tornando-a econômica, sustentável, eficiente e autônoma.

A busca por recursos renováveis faz-se tão importante que o governo Moçambicano Junto a EDM e outras organizações criaram o PNENR, Programa Nacional de Energias Novas e Renováveis, que tem o objetivo de aumentar a participação das fontes renováveis. Um dos principais objetivos desse programa é descentralizar a 100% a iluminação seja doméstica ou pública usando esses recursos.

O futuro da geração de energia elétrica são as energias renováveis, essa fonte está em franca expansão, não só em Moçambique, mas também no mundo.

2.4 Objectivo geral

Otimizar a iluminação Pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do Bairro 3 de Fevereiro.

2.4.1 Objectivos específicos

- Analisar o desempenho luminotecnico e energético do sistema atual de iluminação pública;
- Analisar o desempenho luminotecnico e energético do sistema de iluminação pública usando tecnologia LED;
- Levantar as incidências solares do local de estudo para o cálculo da geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico;
- Dimensionar e especificar os equipamentos necessários para o funcionamento do sistema Fotovoltaico;
- Projetar um sistema de comando automático de IP a partir da tecnologia Power Line Communication (PLC) da Sogexi;
- Avaliar a viabilidade técnica, financeira e econômica do sistema, através do seu funcionamento, da sua geração de energia, do seu orçamento e retorno financeiro.

2.5 Metodologia

A elaboração deste relatório sera com base nos seguintes critérios:

Método de abordagem: Método indutivo, Parte da observação para poder desenvolver teorias, fazer constatações e tirar conclusões.

Procedimento Técnico: Pesquisa bibliográfica, Baseia-se em reunir Informações e dados que servirão como base para construção de investigações.

Técnicas de coletas de dados: Entrevista, consiste em colectar dados de forma directa com o grupo estudado, de maneira metódica.

Pesquisa de campo, Trata-se de um estudo mais especifico, realizado no local em que o fato ou estudo esta sendo realizado.

Análise dos dados: Construção de explicação, Conjunto de procedimentos que permitem tirar inferencias validas partindo de um texto.

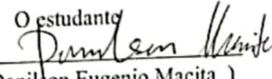
3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

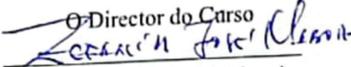
Bairro 3 de fevereiro – Cidade de Maputo

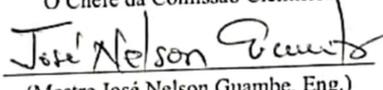
4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Eng Manuel Telles	
Co-supervisor		
Da Instituição	Eusebio Guambe	

Maputo, 26 de 04 de 20 22

O estudante

(Danilson Eugenio Macita)

O Director do Curso

(Eng. Zefanias José Mabote)
27.04.2022

O Chefe da Comissão Científica

(Mestre José Nelson Guambe, Eng.)
29/04/22

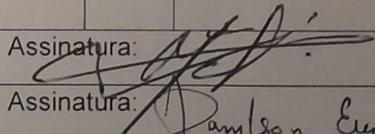
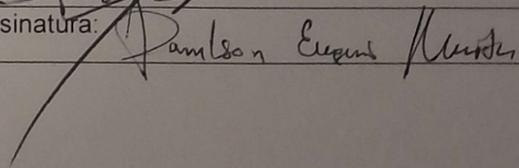
Plano de actividades

Trabalho de Estágio Profissional

Tema: Optimização da iluminação Pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do Bairro 3 de Fevereiro

Referência: 2022ELEPPL09

Data: 07/03/2022

Semana	Data Prevista	Data de encontro	Hora	Assunto
1	26/04/2022	26/04/2022	15:00	Termo de atribuição de tema de estágio profissional
3	12/05/2022		15:00	Revisão bibliográfica
4	26/05/2022		15:00	Resultados, análise e discussão
8	16/06/2022			Organização do trabalho
9	25/06/2022		15:00	Verificação final do relatório
Supervisor: Engº Manuel Telles			Assinatura:	
Estudante: Danilson Eugénio Macita			Assinatura:	

Observações:

Data:

06/05/2022

Nome do estudante:

Danilson Eugénio Macita

(Danilson Eugénio Macita)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Danilson Eugénio Macita

Referência do tema: 2022ELEPPL09 Data: 07/ 03/ 2022

Título do tema: optimização da iluminação pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do bairro 3 de fevereiro

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. Objectivos	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 objectivos/ 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 correcta, 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.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Danilson Eugénio Macita

Referência do tema: 2022ELEPPL09 Data: 07/ 03/ 2022

Título do tema: optimização da iluminação pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do bairro 3 de fevereiro

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
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)	
----------------------------	--



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

Declaração de Honra

Eu, Danílson Eugénio Macita, declaro que este Relatório de Estágio Profissional nunca foi apresentado para obtenção de qualquer grau ou num âmbito e que ela constitui o resultado do meu labor individual.

(Danílson Eugénio Macita)

04 / 07 / 2022

Data

DEDICATÓRIA

Dedico este Projeto do curso a todos que influenciaram direta ou indiretamente na minha trajetória. Em especial a minha mãe Marta Albertina Cuna por sempre ter estado do meu lado diante das adversidades e pelos ensinamentos e a família Macita em geral.

AGRADECIMENTO

Quero de forma especial endereçar o meu agradecimento em primeiro lugar a Deus que me tem dado saúde, sabedoria e força que tem proporcionado dia pôs dia para combater as diversidades nessa etapa da minha vida. Ele sempre está presente.

Aos meus pais, por todo o seu esforço e por investir na minha educação. A minha família em especial a minha tia Hercília Macita e avo Guilhermina Samussone, pela força e suporte durante este longo percurso de formação, que sempre acreditaram em mim, me incentivando em busca dos meus objetivos.

Ao Eng.º Manuel Telles, por ter aceitado ser meu supervisor neste trabalho e pela disponibilidade e paciência que sempre teve. Ao Eng.º Eusébio Guambe pelos ensinamentos que me transmitiu ao longo do estágio.

A todos os professores do DEEL que têm contribuído para a minha formação em especial do curso de Engenharia Elétrica que de maneira sabia puderam fazer chegar com maior sensibilidade os vários conhecimentos científicos os quais culminaram com o grau que aqui se pretende.

Um Muito Obrigado a todos aqueles que me ajudaram e apoiaram de alguma forma a atingir esta importante meta.

RESUMO

Já a milênios que o Homem tem tentado arranjar mecanismos de poder ter claridade durante a noite, um dos primeiros mecanismos a ser utilizado foi o fogo. A Iluminação pública é de grande importância para o desenvolvimento de uma sociedade e economia de um país, auxiliando na segurança pública, no tráfego de veículos, pedestres e na redução da criminalidade. Sabido da sua importância o presente trabalho tem como encalce apresentar informações relativamente a Iluminação Pública (IP), propondo substituição de luminárias convencionais a vapor de sódio por luminárias que utilizam a tecnologia LED com vista a trazer maior eficiência energética e ajudar a reduzir os custos associados ao sistema. Foi feita uma análise da aplicação de tecnologias de automação e controlo para a dar um maior controlo dinâmico aos sistemas de IP facilitando a identificação de avarias e manutenções, associado a isso fez-se uma análise da utilização de fontes de energia alternativas, concretamente a fotovoltaica para alimentar o sistema de IP com vista a dá-la autonomia, seguido da avaliação económica da implementação de todo projeto.

Palavras-chaves: Iluminação pública inteligente, Energia solar, LED

ÍNDICE

1. Introdução	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Formulação do problema	2
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Objetivo Geral	2
1.5. Objetivo específico	3
1.6. Metodologia.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Iluminação Pública (IP)	4
2.1.1. Eficiência energética em sistemas de iluminação pública	4
2.1.2. Normas Técnicas Aplicáveis.....	5
2.2. Conceitos básicos de Luminotecnia.....	5
2.2.1. Fluxo Luminoso	6
2.2.2. Intensidade Luminosa	6
2.2.3. Iluminância	6
2.2.4. Luminância	7
2.2.5. Curva de distribuição luminosa.....	7
2.3. Lâmpadas	7
2.3.2. Tipos de lâmpadas	8
2.4. Luminárias	9
2.5. Energia Solar	10
2.5.1. Radiação Solar	10
2.5.2. Irradiância.....	10
2.5.3. Insolação	10

2.5.4.	Efeito fotovoltaico	11
2.5.5.	Sistema fotovoltaico	11
2.5.6.	Componentes dos sistemas fotovoltaicos.....	12
2.6.	Sistema de Telegestão	14
2.6.1.	PLC (Power Line Communication)	14
3.	Resultados, Análise e Discussão	16
3.1.	Local de estudo.....	16
3.2.	Recolha de dados	19
3.3.	Nível de iluminação.....	20
3.3.1.	Simulação com o <i>software</i> DIALUX.....	20
3.4.	Estimativa de carga energia elétrica	21
3.5.	Comando da Iluminação Publica.....	25
3.6.	Sistema fotovoltaico	27
3.6.1.	Dimensionamento da potência mínima dos Painéis fotovoltaicos	27
3.6.2.	Tensão nos terminais dos painéis	27
3.6.3.	Número máximo de painéis em serie	28
3.6.4.	Número mínimo de painéis em série	28
3.6.5.	Número máximo de fileiras	29
3.6.6.	Capacidade das baterias	29
3.6.7.	Dimensionamento do regulador de carga.....	29
3.6.8.	Interruptor principal DC.....	30
3.6.9.	Perdas nos condutores.....	30
3.6.10.	Dimensionamento dos cabos	30
3.6.11.	Dimensionamento de proteções.....	32
3.7.	Cálculo do sistema fotovoltaico.....	34
3.7.1.	Potência mínima dos painéis.....	35
3.7.2.	Número de painéis	39

3.7.3.	Configuração dos painéis	39
3.7.4.	Número de painéis por inversor.....	40
3.7.5.	Painéis por fileira e máximo de fileiras por inversor	40
3.7.6.	Dimensionamento do banco de baterias	41
3.7.7.	Dimensionamento dos interruptores principais DC.....	41
3.7.8.	Dimensionamento dos cabos	42
3.7.8.5.	Proteção dos cabos.....	43
3.8.	Avaliação econômica	44
3.8.1.	Custos com implementação da iluminação	46
3.8.2.	Custos com a implementação do sistema fotovoltaico	48
4.	Considerações finais.....	53
4.1.	Conclusão	53
4.2.	Recomendações	54
5.	Referências Bibliográficas.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Corrente Alternada
BT	Baixa Tensão
CIE	Comissão internacional de Iluminação
DC	Corrente Contínua
EDM	Eletricidade de Moçambique
FV	Fotovoltaica
IEC	Comissão Internacional Eletrotécnica
IES	Sociedade de engenharia de iluminação
IP	Iluminação Pública
IRC	Índice de Restituição de Cor
KW	kiloWatts
LED	Díodo Emissor de Luz
Lm	Lúmen
MPPT	Rastreamento do ponto de máxima potência
MW	MegaWatts
Off-Grid	Sistemas Autónomos ou isolados
On-Grid	Sistemas Ligados à Rede
PLC	Comunicação via rede elétrica
R.S.I.U.E.E	Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica
R.T.I.E.B.T.	Regras técnicas de instalações elétricas de baixa tensão
STC	Condições de teste padrão
TCU	Unidade Central Tegis
Tegis	Tecnologia de Gestão Integrada de Sistemas
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
VAL	Valor Atualizado Líquido
VSAP	Vapor de sódio de alta pressão

LISTA DE SÍMBOLOS

I_{cabo}	Corrente que o cabo deverá ser capaz de transportar
$I_{\text{CC}}^{\text{PV}}$	Corrente de curto-circuito do gerador
I_{D}	Corrente do díodo
I_{DC}	Corrente DC
I_{FL}	Corrente nominal da fileira
I_{L}	Corrente gerada através do efeito fotovoltaico
$I_{\text{max}}^{\text{INV}}$	Corrente máxima DC admissível pelo inversor
I_{n}	Corrente nominal do fusível
I_{nAC}	Corrente nominal em AC
I_{nF}	Corrente de não fusão do fusível
I_{n}^{PV}	Corrente nominal do gerador
I_{ns}	Corrente nominal do gerador
L_{cabo}	Comprimento do cabo
L_{caboAC}	Comprimento do cabo AC
N	Número de fileiras do gerador
$N_{\text{max}}^{\text{Fileira}}$	Número máximo de fileiras
$N_{\text{pain/inv}}$	Número de painéis por inversor
$N_{\text{painéis}}$	Número de painéis da central
P	Potência
P_{AC}	Potência de perdas no cabo AC
P_{Central}	Potência instalada na central
P_{DC}	Potência de perdas no cabo DC
$P_{\text{Disponivel}}$	Potência Disponível
P_{FL}	Potência da fileira
P_{M}	Potência de perdas
P_{Painel}	Potência do painel
P_{util}	Potência útil
S_{cabo}	Secção do cabo

S_{caboAC}	Secção do cabo AC
$U_{\text{Max}}^{\text{INV}}$	Tensão máxima admissível pelo inversor
$U_{\text{MPP}}^{\text{Painel}}(70\text{ C})$	Tensão MPP do painel para uma temperatura de 70°C
$U_{\text{MPP}}^{\text{painel}}(\text{STC})$	Tensão MPP do painel para as condições de referência
$U_{\text{MPP min}}^{\text{INV}}$	Tensão mínima de MPP do inversor
U_{MPP}	Tensão para o MPP
U_{n}	Tensão nominal
$U_{\text{OC}}^{\text{STC}}$	Tensão em circuito aberto do painel para às condições de referência
$U_{\text{OC}}^{\text{painel}}(-10\text{ C})$	Tensão em circuito aberto do painel para uma temperatura de -10°C
η_{max}	Número máximo de painéis por fileira
η_{min}	Número mínimo de painéis por fileira
$\cos\phi$	Fator de potência
K	Condutividade elétrica do material (56 para o cobre e 43 para o alumínio)
R	Resistência dos cabos
T	Temperatura em Kelvin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Grandezas Luminotecnias.....	6
Figura 2: sistema OFF-GRID	11
Figura 3: Visão Geral do Lote Habitacional do bairro 3 de fevereiro	16
Figura 4: Ilustração de uma das ruas do Lote Habitacional	17
Figura 5: Quadro de comando e proteção.....	18
Figura 6: Luminária Ligada durante o dia.....	18
Figura 7: PT do loteamento.....	19
Figura 8: Estimativa de carga, VSAP e LED	22
Figura 9: Estimativa de demanda de energia anual	23
Figura 10: Luminárias em Postes solares ao longo da circular de Maputo	24
Figura 11: Análise comparativa do comando de IP	26
Figura 12: Insolação média mensal para o ano de 2021 do local de estudo.....	36
Figura 13: Variação de potência produzida por hora	38
Figura 14: Analise econômica do projeto	48
Figura 15: Fluxo de caixa do projeto fotovoltaico	51
Figura 16: Análise comparativa do custo da fonte fotovoltaica VS Convencional	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa de redução da demanda de energia.	21
Tabela 2: Estimativa de demanda de energia elétrica.....	22
Tabela 3: Estimativa de demanda de energia elétrica.....	23
Tabela 4: Cálculo das potências e corrente elétrica.....	24
Tabela 5: Estimativa de demanda de energia elétrica com Tecnologia PLC	26
Tabela 6: Paineis fotovoltaicos CanadianSolar-CS6W-540MS.....	34
Tabela 7: Inversor Growatt SPF 5000TL HVM.....	34
Tabela 8: Bateria Champion-260Ah	35
Tabela 9: Insolação média mensal para o ano de 2021 do local de estudo.....	35
Tabela 10: Rendimento energético dos dispositivos	36
Tabela 11: Potência mínima de geração.....	37
Tabela 12: Variação de potência produzida por hora.....	37
Tabela 13: Variação na quantidade de painéis	39
Tabela 14: Limites	40
Tabela 15: Dimensionamento do interruptor DC	41
Tabela 16: Secção mínima dos cabos DC	42
Tabela 17: secção mínima do cabo principal	43
Tabela 18: Preçário do sistema de IP	46
Tabela 19: Mão-de-obra do sistema de IP	46
Tabela 20: Plano de manutenção da IP	46
Tabela 21: Informações econômicas da IP	47
Tabela 22: Análise do projeto.....	47
Tabela 23: Preçário do sistema fotovoltaico.....	49
Tabela 24: Mão-de-obra do sistema fotovoltaico	49
Tabela 25: Plano de manutenção do sistema fotovoltaico	49
Tabela 26: Informações econômicas do sistema fotovoltaico	50
Tabela 27: Análise do projeto do sistema fotovoltaico	50

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A energia elétrica é fundamental para a vida humana e está presente no nosso cotidiano a rigor. É através dela que o homem supriu as suas necessidades básicas, tais como as de se locomover, comunicar, alimentar e manter a sua vida. Desse modo, o consumo de energia elétrica aumenta todos os anos como consequência do crescimento populacional, econômico e tecnológico.

Vários estudos comprovam o alto crescimento nas necessidades energéticas de Moçambique, no País passou de 7.089GWh em 2019 para 7.265GWh em 2020 apresentando um crescimento de aproximadamente 3 % ao ano (EDM, 2020).

Uma das grandes missões da Eletricidade de Moçambique (EDM) junto as municipalidades é de garantir a segurança nas vias públicas, o que se consegue em parte pela Iluminação Pública (IP).

De acordo com a EDM (2020) em média 23% da demanda de energia elétrica é proveniente da iluminação a IP equivale em media cerca de 2% ou seja, 145,3GWh, tornando este um tema relevante para maximizar a eficiência energética.

Desta forma, a otimização das infraestruturas de iluminação pública pode reduzir significativamente a demanda energética deste sistema.

Vários são os meios para melhorar o desempenho da IP, os mais promissores são a tecnologia de “Díodo Emissor de Luz (LED) ” junto as fontes renováveis em sistemas Híbridos e inteligente surgindo as SmartGrid e SmartLight.

Os sistemas fotovoltaicos utilizam a radiação solar para gerar energia elétrica, trazendo economia, sustentabilidade e uma maior eficiência energética.

1.2. Formulação do problema

As infraestruturas atuais de IP face ao atual desenvolvimento tecnológico encontram-se na sua maioria obsoletos, reduzindo desta forma o seu desempenho e eficiência tanto luminotécnica bem como energética, O lote habitacional do bairro 3 de fevereiro não é exceção, diante disso levantam-se as seguintes questões:

- Até que ponto a implementação da tecnologia LED no sistema de iluminação pública pode influenciar no consumo e na qualidade de energia?
- Até que ponto a implantação de um sistema fotovoltaico pode gerar energia para o consumo próprio da Iluminação Pública de modo a torna-la autônoma?
- Quais os impactos que a produção energética para a Iluminação Pública usando essas alternativas pode causar a rede e na matriz energética Moçambicana?

1.3. Justificativa

A consequência da obsolescência das infraestruturas da IP traduz-se em um baixo desempenho de todo sistema associado, algumas delas são o sobrecarregamento dos transformadores, linhas de transmissão, baixa qualidade luminotécnica, custo de funcionamento e operação elevados, quedas de tensão, dentre outros.

O sistema fotovoltaico junto a tecnologia LED pode ajudar a melhorar esses aspetos de eficiência, reduzindo ou até eliminando os custos associados a Iluminação Pública tornando-a econômica, sustentável, eficiente e autônoma.

1.4. Objetivo Geral

- Otimizar a iluminação Pública em um lote Habitacional do Bairro 3 de Fevereiro.

1.5. Objetivo específico

- Analisar o desempenho luminotécnico e energético do sistema atual de iluminação pública;
- Analisar o desempenho luminotécnico e energético do sistema de iluminação pública usando tecnologia LED;
- Levantar as incidências solares do local de estudo para o cálculo da geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico;
- Dimensionar e especificar os equipamentos necessários para o funcionamento do sistema Fotovoltaico;
- Projetar um sistema de comando automático de IP a partir da tecnologia Power Line Communication (PLC);
- Avaliar a viabilidade técnica, financeira e econômica do sistema, através do seu funcionamento, da sua geração de energia, do seu orçamento e retorno financeiro.

1.6. Metodologia

A elaboração deste relatório será com base nos seguintes critérios:

Método de abordagem: Método indutivo, Parte da observação para poder desenvolver teorias, fazer constatações e tirar conclusões.

Procedimento Técnico: Pesquisa bibliográfica, baseia-se em reunir informações e dados que servirão como base para construção de investigações.

Técnicas de coletas de dados: Entrevista, consiste em coletar dados de forma direta com o grupo estudado, de maneira metódica.

Pesquisa de campo: trata-se de um estudo mais específico, realizado no local em que o fato ou estudo está sendo realizado.

Análise dos dados: Construção de explicação, Conjunto de procedimentos que permitem tirar inferências validas partindo de um texto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Iluminação Pública (IP)

O serviço de iluminação pública tem por objetivo prover luz, ou claridade artificial, para a segurança do tráfego de veículos e pedestres, de forma rápida, precisa e confortável, dando benefícios econômicos e sociais para os cidadãos, incluindo: redução de acidentes; melhoria das condições de vida com ênfase na segurança dos indivíduos e propriedades (Maykon, 2018).

2.1.1. Eficiência energética em sistemas de iluminação pública

Moçambique tem atualmente passado por alguns processos de melhoria na iluminação pública. Novas tecnologias vêm sendo adotadas de modo a potencializar e melhorar a eficiência nos sistemas de iluminação pública, uma delas é a troca de luminárias antigas por luminárias LED, reduzindo assim o consumo de energia elétrica (Apêndice 9).

Ao desenvolver projetos para sistemas de iluminação pública, alguns problemas são muito relatados, os sistemas de iluminação geralmente se encontram fora dos padrões técnicos adequados, com ênfase para: Sobredimensionamento, uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa, falta de comando das luminárias, Ausência de manutenção, depreciando o sistema e hábitos de uso inadequados.

Um projeto luminotécnico eficiente deve proporcionar boas condições de visibilidade, Boa reprodução de cores, economia na redução elétrica, facilidade e menores custos de produção, preço inicial compatível, combinar iluminação natural com artificial.

Para que essa eficiência seja alcançada nesse sistema torna-se necessário definir o nível de iluminação no local, de acordo com a destinação do ambiente. Para isso, existem normas técnicas que orientam ou recomendam os níveis recomendados em função da atividade, características dos usuários, dentre outros.

Na escolha dos aparelhos de iluminação, ou seja, conjunto lâmpada, luminária e acessórios, os aspetos que devem ser observados são: tipos de lâmpadas que podem

ser empregadas; dispositivos mais econômicos; vida útil e manutenção de suas características com o tempo e análise das características do ambiente em questão. Dessa forma, além dos aspectos quantitativos devem também ser aferidos também os qualitativos, de modo a criar uma iluminação que responda a todos os requisitos (Rodrigo, 2013).

2.1.2. Normas Técnicas Aplicáveis

Um projeto de iluminação pública, deve seguir a indicações e normas da concessionária de energia elétrica e outras pertinentes ao assunto. As normas internamente utilizadas no nosso País são baseadas em normas e recomendações de alguns organismos internacionais tais como: Comissão Internacional Eletrotécnica (IEC), Sociedade de engenharia de iluminação (IES), Comissão internacional de iluminação (CIE).

2.2. Conceitos básicos de Luminotecnia

A Radiação eletromagnética capaz de produzir uma excitação ou sensação visual é chamada de Luz. As fontes de radiação podem emitir ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos de onda, as que se encontram no intervalo de (380nm a 780nm) são as sensíveis ao olho Humano. A sensibilidade do olho Humano é maior quando incidida por radiações de menor comprimento de onda e menor quando o inverso (Silva,2006). A figura abaixo representa um escopro das grandezas Luminotécnicas

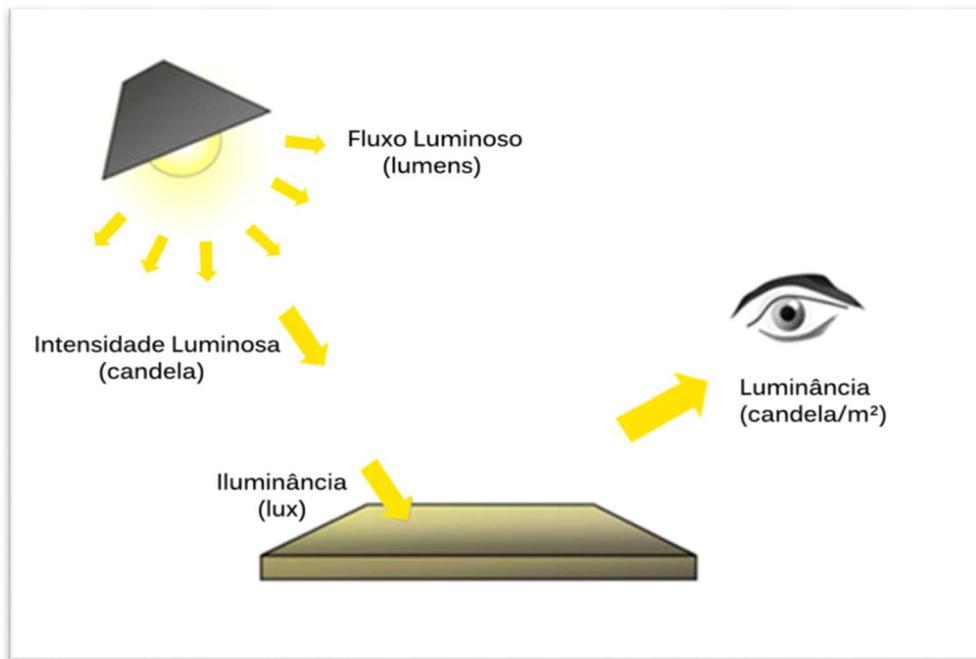


Figura 1: Grandezas Luminotecnicas

Fonte: (Grado Iluminação, 2022)

2.2.1. Fluxo Luminoso

É a quantidade de radiação total emitida por uma fonte luminosa em todas direções do espaço capaz de produzir uma sensação de luminosidade no olho Humano (Silva, 2006).

2.2.2. Intensidade Luminosa

É a quantidade de Luz emitida por uma fonte luminosa em uma determinada direção de um ponto (Silva, 2006).

2.2.3. Iluminância

É a quantidade de fluxo luminoso incidente sobre uma determinada superfície a uma dada distância da fonte. A iluminância é também designada por nível de iluminação (Silva, 2006).

2.2.4. Luminância

O Homem na verdade só pode enxergar a quantidade de luz que é refletida para sua visão por uma determinada superfície, ou seja a luminância é dita como a excitação visual (Silva, 2006).

2.2.5. Curva de distribuição luminosa

É a representação gráfica da intensidade luminosa em todos possíveis ângulos direcionados a um plano (Silva, 2006).

2.3. Lâmpadas

Lâmpadas são dispositivos destinados a produzir luz e que serve para iluminar

2.3.1. Características das lâmpadas

2.3.1.1. Vida útil

O tempo de vida útil é valido para um determinado lote de lâmpadas. É tida como o tempo de duração média em serviço ensaiada de uma dada lâmpada (Silva,2006).

2.3.1.2. Eficiência Luminosa

A comparação entre lâmpadas é feita com base no fluxo luminoso total emitido por uma lâmpada em função da potência elétrica total consumida. É útil para averiguarmos se um determinado tipo de lâmpada é mais ou menos eficiente do que outro. A Eficiência Luminosa é um indicador da eficiência do processo de emissão de luz utilizada sob o ponto de vista do aproveitamento energético (Silva, 2006).

2.3.1.3. Índice de reprodução de cores

Indica a aparência da cor da luz, a sua escala varia de 0 a 100. A lâmpada incandescente serve de referência para comparação com outras fontes de luz, apresentando IRC de 100, apresenta máxima fidelidade na reprodução das cores dos objetos iluminados (Silva, 2006).

2.3.1.4. Temperatura de cor

Expressa a sensação de tonalidade da cor da luz emitida por uma determinada fonte luminosa (Silva, 2006).

2.3.2. Tipos de lâmpadas

2.3.2.1. Vapor de mercúrio

A sua produção de luz é através da excitação de gases provocada por corrente elétrica. Durante a partida há a ionização de um gás inerte, em geral o argônio, provocando um aquecimento no bulbo, o que faz evaporar o mercúrio produzindo uma luz amarelada devido a migração de elétrons. Em seguida ocorre a ionização do mercúrio, as colisões entre os elétrons livres deste com o argônio produz uma luz azulada, e a composição das duas é o resultado obtido desta lâmpada (Anderson, 2019).

2.3.2.2. Vapor de sódio

Tem seu princípio de funcionamento muito similar à vapor de mercúrio, com diferença básica a adição do sódio que, devido suas características físicas, exige que a partida seja feita mediante um pico de tensão na ordem de alguns quilovolts (Anderson, 2019).

2.3.2.3. Díodo emissor de luz – LED

O *Light emitting diode* (LED) transforma a energia elétrica em luz através de um cristal semicondutor. É um dispositivo semicondutor de junção p-n, que somente funciona se polarizado diretamente, o apêndice 2 explica detalhadamente este fenômeno (Anderson, 2019).

2.3.2.4. Eficiência e rendimento de lâmpadas comumente utilizadas em IP

Nos dias atuais a tecnologia LED tem se destacado por conseguir atingir os maiores índices de eficiência.

Em termos de rendimento as lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão (VSAP), adotadas como padrão na maioria dos bairros para IP depois das fluorescentes, tem rendimento máximo de 20,6%. Já os LEDs de alta potência atingem 36% de eficiência (Rodrigo, 2013).

2.4. Luminárias

Luminárias são constituídas pelos aparelhos com as lâmpadas, com função de proteger as lâmpadas, orientar ou concentrar o fluxo luminoso, difundir a luz, reduzir o ofuscamento (Rodrigo, 2013).

2.4.1. Tipos de Luminárias

2.4.1.1. Luminária Convencional

São luminárias que fazem o uso de lâmpadas incandescentes, fluorescentes e de vapores como mercúrio, sódio e metálico (Eunice, 2021).

2.4.1.2. Luminárias LED

As luminárias LED são caracterizadas pela: Alta eficiência elétrica e luminosa, longa vida útil, variedade de temperatura de cor, alto índice de reprodução de cor, baixa emissão de calor, maior estabilidade e segurança operacional, versatilidade de aplicações (Eunice, 2021).

2.4.1.3. Fator de desempenho

As lâmpadas normalmente são montadas dentro de luminárias, a quantidade de fluxo final tende a ser menor que o emitido pela lâmpada por conta da absorção, reflexão, transmissão como resultado dos materiais utilizados na sua construção. O Fluxo Luminoso emitido pela luminária é avaliado através da Eficiência da Luminária. Isto é,

o Fluxo Luminoso da luminária em serviço dividido pelo Fluxo Luminoso da lâmpada (Silva, 2006).

2.5. Energia Solar

É aquela que advém a partir do aproveitamento da energia do sol, com maior ênfase para a Fotovoltaica e térmica. A energia solar pode ser convertida em eletricidade a partir de tecnologias tais como células fotovoltaicas ou ciclos termodinâmicos que tenham como fonte o calor concentrado da radiação solar (Eunice, 2021).

2.5.1. Radiação Solar

A energia proveniente do sol é em forma de radiação, ou seja, ondas eletromagnéticas. O sol é responsável por praticamente quase toda energia recebida pela terra diariamente, a densidade média do fluxo energético proveniente da radiação solar é designada de constante solar média e é cerca de $1\ 367\ \text{W/m}^2$ quando medida num plano perpendicular à direção da propagação dos raios solares no topo da atmosfera terrestre. O valor da radiação solar depende de alguns fatores tais como condições climáticas e atmosféricas, desta forma apenas uma parte da radiação atinge a superfície da terra como consequência da reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. O espectro da radiação solar está compreendido entre 100 nm e 1 mm, compreendendo a radiação visível, ultravioleta e infravermelha (Eunice, 2021).

2.5.2. Irradiância

Se tem como sendo a densidade de energia solar por unidade de área a um dado instante, Ou seja, a potência instantânea. É muito utilizada para poder avaliar a eficiência de dispositivos e sistemas fotovoltaicos. Normalmente medida em W/m^2 (Oriol, 2021).

2.5.3. Insolação

É a quantidade de energia solar que chega a uma dada superfície durante um intervalo de tempo, medida em Wh/m^2 (Oriol, 2021).

2.5.4. Efeito fotovoltaico

O fenômeno de transformação da luz solar em energia elétrica através de uma reação química, dá-se o nome de Efeito Fotovoltaico, ocorrendo este efeito em semicondutores, o Apêndice 2 explica detalhadamente este fenômeno (Eunice, 2021).

2.5.5. Sistema fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos podem ser ligados à rede (On-Grid), autônomos (Off-Grid), ou híbridos.

2.5.5.1. Sistemas autônomos

São tidos como aqueles sistemas que não dependem da rede elétrica convencional para funcionar. Existem dois tipos desse sistema que são o com armazenamento e sem armazenamento, o com armazenamento faz o uso de baterias para armazenar a energia elétrica, o sistema fotovoltaico fornece energia para alimentar a carga e carregar as baterias. Quando a energia fotovoltaica é insuficiente, é a bateria, que previamente carregada, alimenta a carga (Eunice, 2021). A figura 2 representa um sistema Autônomo *OFF-GRID* básico.

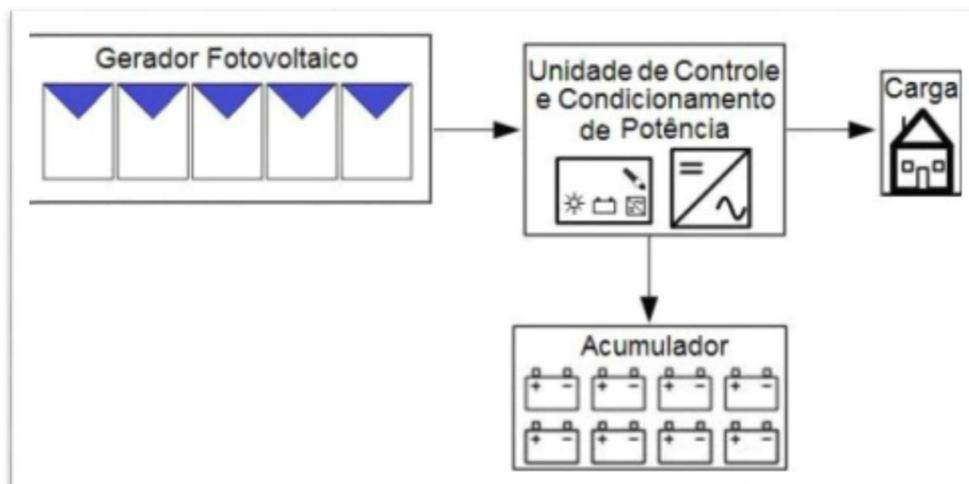


Figura 2: sistema OFF-GRID

Fonte: (Pinho; Galdino, 2014)

2.5.5.2. Sistemas Ligados a Rede

São aqueles que permitem utilizar a energia proveniente da rede quando o sistema não estiver a produzir o suficiente para satisfazer as necessidades energéticas, assim como injetar na rede a energia excessiva. Estes sistemas, diferentemente dos autônomos não necessitam de baterias (Eunice, 2021).

2.5.5.3. Sistemas Híbridos

Os sistemas híbridos são aqueles com mais de uma fonte de energia. Estas fontes podem ser sistemas eólicos, ou sistemas convencionais como o gerador diesel podem ser também sistemas ligados à rede elétrica, com utilização baterias (Eunice, 2021).

2.5.6. Componentes dos sistemas fotovoltaicos

Um sistema fotovoltaico autônomo normalmente é constituído por um conjunto de placas fotovoltaicas, controlador de carga, bateria, inversor de tensão. Os módulos fotovoltaicos produzem energia na forma de corrente e tensão contínua, em algumas aplicações é necessário converter essa energia em corrente alternada o que é feito pelo inversor. Quando há necessidade de utilizar baterias deve ser empregado um controlador de carga para regular a carga da bateria e prolongar sua vida útil, protegendo-a de sobrecargas ou descargas excessivas. Alguns modelos de controladores ainda têm a função de maximizar a produção de energia do painel fotovoltaico através do recurso denominado MPPT (*Maximum Power Point Traking*) (Eunice, 2021).

2.5.6.1. Células fotovoltaicas

O fenômeno fotovoltaico ocorre quando a luz, ou a radiação eletromagnética proveniente do sol, incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores com propriedades específicas (Eunice, 2021).

2.5.6.1.1. Tipos de células

São várias as tecnologias utilizadas no fabrico de células e módulos fotovoltaicos. Estes podem ser classificados em função do número de junções podendo ser única ou múltipla para além também da sua geração podendo ser de primeira a terceira.

As células de primeira geração são os feitos à base de silício monocristalino, amorfo ou policristalino, estes representam mais de 80 % do mercado atual sendo as mais consolidadas e confiáveis pela sua disponibilidade e eficiência.

As células de segunda geração são designadas também de películas finas por possuírem espessura na ordem dos micrómetros permitindo a produção de módulos maleáveis e translúcidos.

As células de terceira geração diferem das demais por não se basearem na junção P-N para produzir energia, ou por outras o seu funcionamento não tem como base os semicondutores (Eunice, 2021).

2.5.6.2. Baterias

Em sistemas autônomos a geração e o consumo nem sempre coincidem devido a intermitência e aleatoriedade da radiação solar ao longo do dia, tornando necessário a presença das baterias que são um conjunto de células ou vasos eletroquímicos, com a capacidade de armazenar energia elétrica na forma de energia química por meio de processos eletroquímicos de oxirredução que ocorrem no seu interior. As baterias nesses sistemas são importantes também para estabilizar a tensão fornecida aos equipamentos, funcionando como um acoplador entre o módulo e o restante do sistema. São diversas as tecnologias para fazer a conversão de energia através de processos eletroquímicos. As mais usadas são as baterias de chumbo-ácido pelo seu baixo custo e boa eficiência. Várias tecnologias mais modernas foram e vem sendo desenvolvidas tais como as baterias a Níquel-cadmio, íões de lítio, estas baterias apresentam um grande tempo de vida útil, eficiência e maior profundidade de descarga, porém possuem um custo muito elevado (Eunice, 2021).

2.5.6.3. Regulador de carga

O regulador de carga é um dispositivo que faz a correta conexão entre o painel fotovoltaico e a bateria com o objetivo de proteger a bateria ou bancos de baterias contra sobrecargas e evitar descargas profundas de modo a limitar fenômenos que diminuiriam o tempo de vida útil da bateria. Este componente é responsável por desligar o gerador fotovoltaico quando a bateria estiver carregada e interromper o fornecimento de energia quando o mesmo atingir um nível mínimo de segurança (Eunice, 2021).

2.5.6.4. Inversor

Inversores são dispositivos utilizados em sistemas fotovoltaicos com a função de converter a corrente contínua (CC), gerada pelo sistema, em corrente alternada (CA). Desta forma, é feita a ligação entre o gerador fotovoltaico e a carga CA dos equipamentos ou a rede elétrica (Eunice, 2021).

2.6. Sistema de Telegestão

É um sistema que permite dar um controlo maior as infraestruturas elétricas de modo a possibilitar uma redução no consumo de energia elétrica garantindo segurança, conforto e também ir ao encontro de sistemas inteligentes, com menores custos de manutenção e operação das redes (Eunice, 2021).

2.6.1. PLC (Power Line Communication)

É uma tecnologia que utiliza as redes de energia elétrica como meio físico para fazer o transporte de dados como: Sinais de internet, comunicação analogia e digital, voz e vídeo, tudo pelos cabos elétricos de energia (Andre, 2015).

2.6.1.1. Equipamentos do PLC

É necessário a utilização de certos equipamentos específicos para o funcionamento da tecnologia PLC, sendo alguns deles indicados logo a subsequente.

2.6.1.1.1. Modem PLC

São equipamentos que funcionam como extrator e injetor, ou seja, realiza a ligação entre os aparelhos eletrônicos e a rede de energia elétrica (Andre, 2015).

2.6.1.1.2. Repetidor PLC

Recupera o sinal original a ser transmitido ou recebido e o re-injeta na rede elétrica após ter sofrido interferências de ruídos e atenuações (Andre, 2015).

2.6.1.1.3. Equipamento de concentração

É um equipamento de concentração no qual é usado para distribuir o sinal PLC (Andre, 2015).

3. RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO

3.1. Local de estudo

De acordo com a CIE cada tipo de via para trafego de pedestres existe uma classificação que estabelece valores médios de iluminância e uniformidade. Com a análise efetuada no local do projeto as vias podem ser classificadas como de trafego noturno moderado, pertencendo a classe P3 de acordo com o apêndice 1. O bairro 3 de fevereiro possui vias de terra batida, alguns estabelecimentos comerciais de pequeno porte dentre elas padarias, mercearias e algumas fábricas. A figura 3 mostra uma visão geral do lote habitacional.

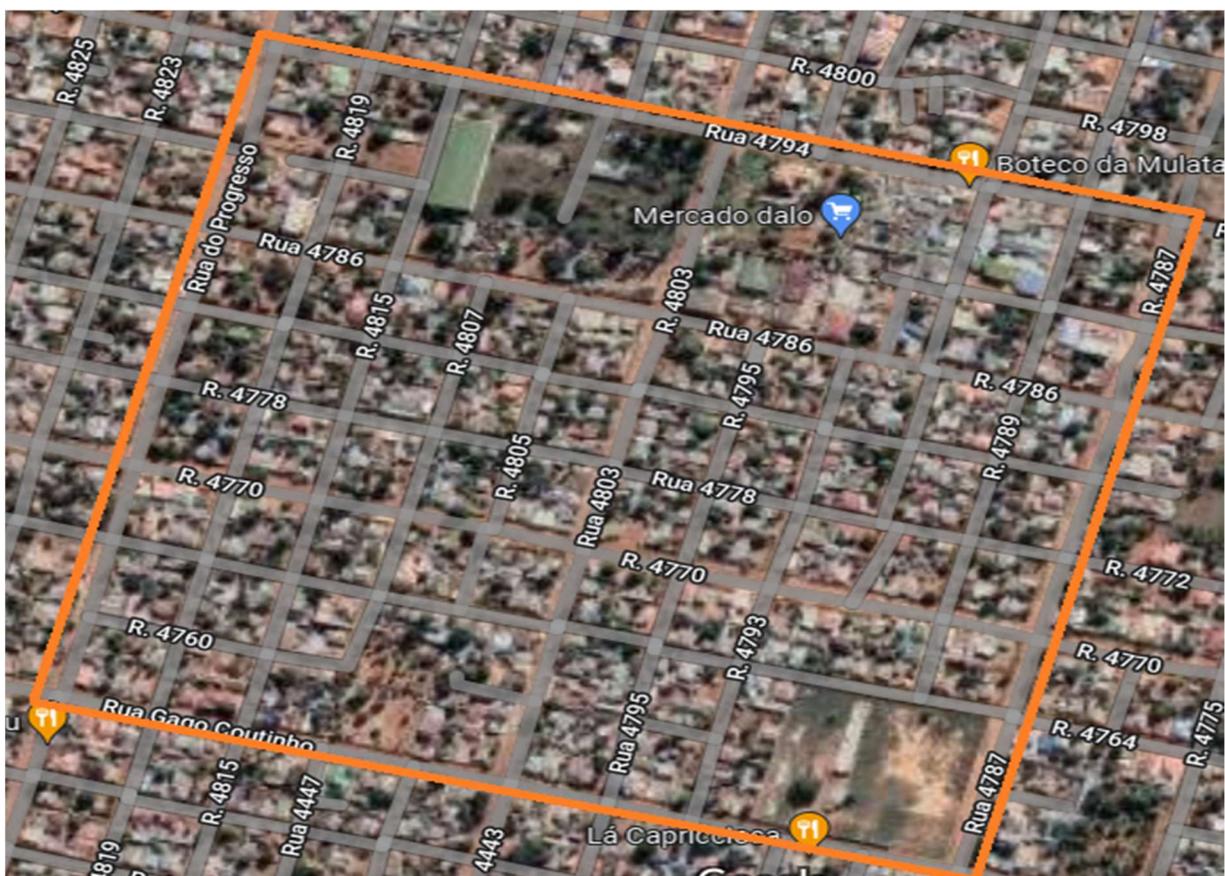


Figura 3: Visão Geral do Lote Habitacional do bairro 3 de fevereiro

Fonte: (Google Maps, 2022)

Para a sustentação das Luminárias são utilizados postes de madeira de 9 metros de altura, com um espaçamento de aproximadamente 40 metros entre si.



Figura 4: Ilustração de uma das ruas do Lote Habitacional

Fonte: (Autor, 2022).

Nas ruas os postes encontram-se montados Unilateralmente, contendo Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão (VSAP) de 250W / 230 V, 50HZ. As luminárias iluminam a via e parte das residências em algumas ruas. O período normal de funcionamento da iluminação pública é das 18 às 6 horas dando um total de 12 horas de funcionamento. Cerca de 13 % das luminárias do loteamento encontram-se avariadas devido à falta de manutenção das mesmas. Algumas luminárias encontram-se ligadas fora do período normal de funcionamento devido má ligação do equipamento a rede conforme ilustra a figura 6. O comando do circuito de Iluminação Pública é feito a partir de contactores e fotocélulas, sendo protegido por fusíveis.

A figura 5 mostra a configuração atual do circuito de comando em questão, o respectivo esquema unifilar no Apêndice 10.

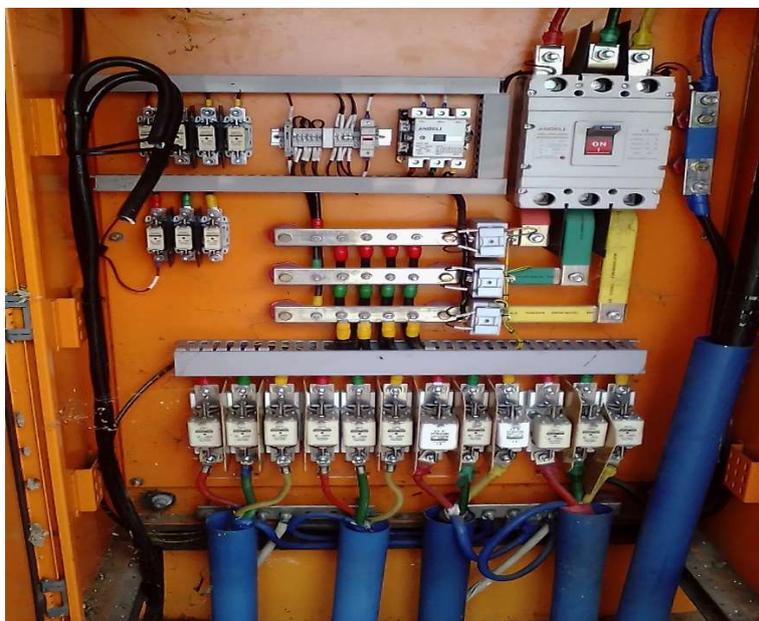


Figura 5: Quadro de comando e proteção

Fonte: (Autor, 2022)



Figura 6: Luminária Ligada durante o dia

Fonte: (Autor, 2022)

A alimentação do lote provem de um posto de transformação (PT) montado ao longo da rua do progresso, local esse onde será montada a central junto a lateral direita ao PT cujo Transformador possui uma potência de 400KVA sendo 13% da sua capacidade total dedicada a IP. A figura 7 ilustra o PT.



Figura 7: PT do loteamento

Fonte: (Autor, 2022)

3.2. Recolha de dados

Para desenvolver o projeto fez-se necessário quantificar os postes, luminárias, direções e distancias. Tendo sido efetuada uma visita ao local acompanhado da equipe técnica da EDM para coleta dos dados ao longo do lote do bairro.

O bairro 3 de fevereiro possui no lote estudado 97 postes com luminárias contendo lâmpadas e balastros.

Será levando em consideração a altura de montagem de 8 metros e o espaçamento sucessivo entre cada unidade de iluminação de aproximadamente 40 metros de distância.

3.3. Nível de iluminação

O nível de iluminação foi feito utilizando uma ferramenta de simulação informática disponível de forma livre, o *software* Dialux. Este *software* está sempre em contínuo desenvolvimento e está baseado em padrões e normas internacionais mais recentes.

3.3.1. Simulação com o *software* DIALUX

Consideraram-se dois cenários, considerando a iluminação em uso (Convencional) e no segundo caso com a iluminação utilizando a tecnologia LED. O lote possui diversas ruas com diferentes larguras, para efeitos de análise será considerada a largura máxima encontrada no lote e mínima com vista a ter o intervalo dos parâmetros.

Simulou-se no *software* Dialux a luminária convencional em uso no bairro 3 de fevereiro com vista a apurar se a mesma se encontram dentro dos parâmetros técnicos estabelecidos pela CIE.

Simulou-se as luminárias LED com vista a encontrar a que melhor se adequa aos parâmetros estabelecidos pelas normas de acordo com as características da via, com vista a aferir e comparar as potências das luminárias LED e iluminâncias com as atuais. As luminárias LED seleccionadas para o uso no *software* foi a do fabricante Philips. No apêndice 7 se apresenta os procedimentos de como implementar uma simulação no *software* DIALUX.

Tendo sido escolhidas as luminárias LED são calculados os parâmetros de eficiência energética.

A tabela 1 resume os resultados e informações referentes as luminárias analisadas, A coluna “A” é referente a Rua do progresso e a “B” a Rua 4770 nota-se que a luminária convencional a VSAP para as condições estabelecidas pela norma não está dentro dos parâmetros pelo facto da sua iluminância máxima estar acima do estabelecido, apresentando um grau de uniformidade incoerente para as diferentes vias analisadas, como se verifica detalhadamente no apêndice 4, isto se deve ao facto daquelas luminárias serem para vias de intenso trafego noturno tais como as de classe P1. Para a luminária LED seleccionada verifica-se o cumprimento dos parâmetros de acordo com os resultados das simulações.

Modelo	Potencia	E _{min} [lux]		E _{max} [lux]	
		A	B	A	B
AVENUE-250W	250W	3.24	4.52	20.54	35.13
740 DW10 – 83W	83W	3.67	3.01	7.67	10.41

Tabela 1: Resumo dos resultados das luminárias

Fonte: (Autor, 2022)

3.4. Estimativa de carga energia elétrica

O projeto prevê inicialmente que sejam instalados 97 pontos de iluminação, onde será feita a substituição de luminárias a VSAP por LED. Os dados foram analisados com base na potência nominal do fabricante sem considerar as perdas no balastro para as Luminarias a VSAP.

Tipo	Qtd	Potencia (W)	Carga instalada (kw)
VSAP	97	250	24.250
LED	97	83	8.051

Tabela 1: Estimativa de redução da demanda de energia.

Fonte: (Autor, 2022)

As luminárias LED solicitam 66,8% de menor potência do que as luminárias a VSAP, a figura 8 representa graficamente esta relação. Com isso haveria uma grande redução de energia sem comprometer a qualidade luminotécnica.

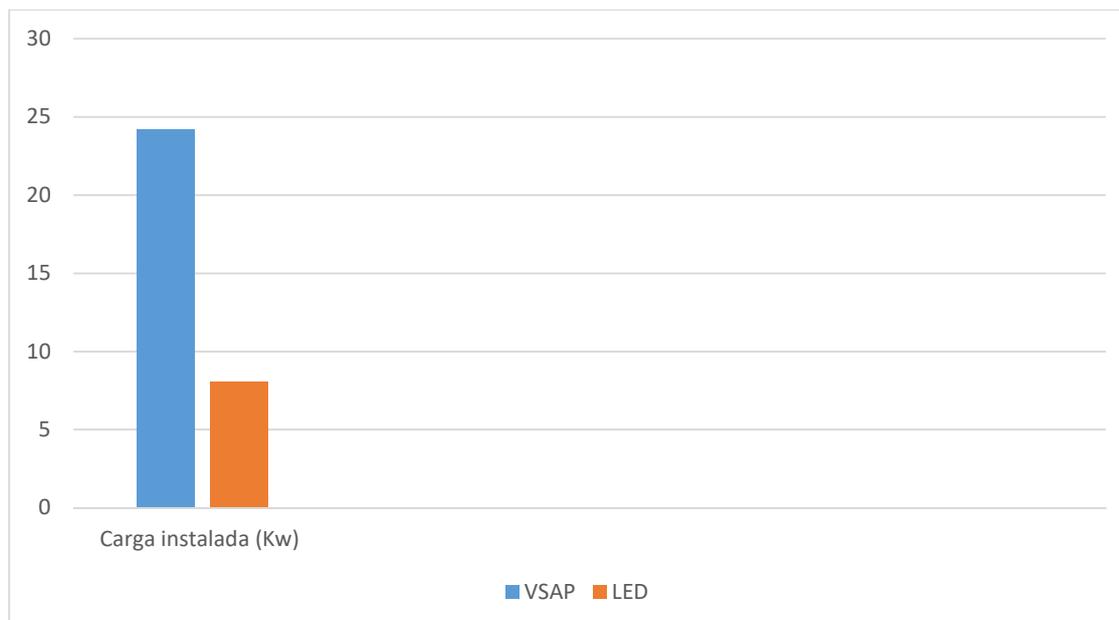


Figura 8: Estimativa de carga, VSAP e LED

Fonte: (Autor, 2022).

Dando segmento podemos estimar o consumo diário, mensal e anual

Tipo	Qtd	Potencia (W)	Tempo (h)	KWh (dia)	KWh (mês)	MWh(ano)
VSAP	97	250	12	291	8.730	104,760
LED	97	83	12	96,612	2.898,360	34,78
Economia em kwh (Dia)			Economia em kwh (Mês)		Economia em Mwh(Ano)	
194,39			5831,64		69,98	

Tabela 2: Estimativa de demanda de energia elétrica

Fonte: (Autor, 2022)

A potência solicitada pelas Luminárias LED é menor do que as a VSAP, considerando todos os pontos de iluminação tem-se uma economia na energia ativa consumida em torno de 69,98MWh ao ano. A figura 9 ilustra a comparação anual de energia.

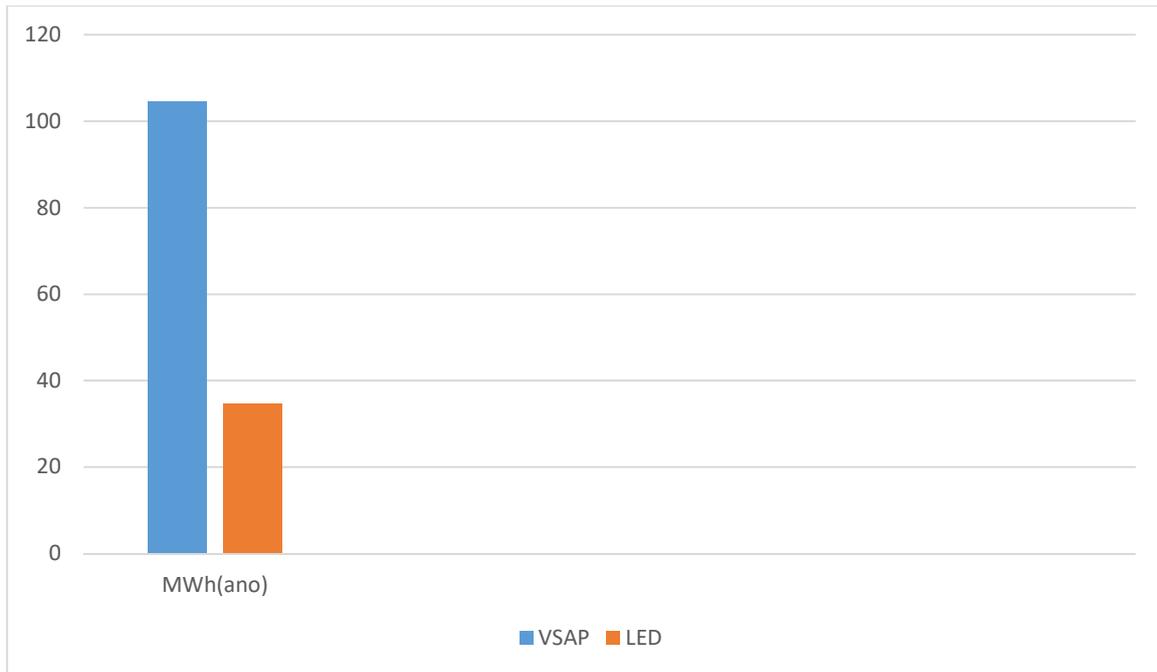


Figura 9: Estimativa de demanda de energia anual

Fonte: (Autor, 2022)

Para uma melhor Visualização na redução de consumo será realizada uma analogia no consumo de energia elétrica ativa por mês de uma residência de classe média. De acordo com o portal da EDM (2022) uma residência dessa classe consome em média 125KWh/mês

Economia em kwh (Dia)	Economia em kwh (Mês)	Economia em Mwh (Ano)
194,39	5831,64	69,98
2 Casas	47 Casas	560 Casas

Tabela 3: Estimativa de demanda de energia elétrica

Fonte: (Autor, 2022)

Com a implementação desse projeto notar-se-ia uma grande economia de energia que seria suficiente para alimentar por mês 47 casas e anualmente 560 casas.

O fator de potência também é muito importante a ser analisado nesses sistemas. O fator de potência nas residências deve ser superior a 0,8 capacitivo durante a madrugada e indutivo durante o resto do dia.

Luminária	P (W)	Q (Var)	S (VA)	I (A)	FP
VSAP	250W	482,56	543,478	2,47	0,46
LED	83W	16,85	84,693	0,384	0,98

Tabela 4: Cálculo das potências e corrente elétrica

Fonte: (Autor, 2022)

A corrente elétrica solicitada no sistema atual é aproximadamente sete vezes maior que o do sistema proposto. Deste modo fica visível que o desempenho energético é maior no sistema proposto.

Dada a grande eficiência comprovada da tecnologia LED junto a energia solar é possível de se observar hoje um crescimento exponencial da aplicação das mesmas, um exemplo prático é a implementação dessas tecnologias para iluminação das rodovias ao longo da circular de Maputo conforme ilustra a figura 10.



Figura 10: Luminárias em Postes solares ao longo da circular de Maputo

Fonte: (Autor, 2022)

3.5. Comando da Iluminação Pública

Todo o sistema de iluminação pública precisa de um sistema de comando para poder programar os eventos desejados na rede, ou seja, de ligar e desligar nos horários programados, atualmente esse processo é feito a partir de contactores e fotocélulas. Para o comando do sistema aqui proposto será feito utilizando a tecnologia *Power Line communication* (PLC) da Sogexi que permite ter um controle dinâmico da IP Com a vantagem de proporcionar:

Poupança de energia:

- Redução do fluxo luminoso de forma programada
- Otimização na detecção de avarias
- Ligar e desligar a IP de forma programada

Monitoramento do sistema:

- Monitorar consumos periódicos de energia
- Monitorar o estado da iluminação
- Intervenção remota

O sistema é composto por uma TCU, TDX e Modem.

TCU: comunica com os pontos de luz instalados no circuito de IP, é normalmente instalado na saída do transformador, neste caso será instalado na saída da central fotovoltaica cujo dimensionamento veremos a posterior.

TDX: Recebe os comandos vindo da TCU e informa o estado da iluminação para o comando recebido, é normalmente instalado junto as luminárias.

Modem: este componente pode ser opcional, e fica ligado ao TCU, possibilita a interação do sistema de iluminação pública com um ponto qualquer de forma remota.

Em alguns Horários da noite o trafego de pedestres diminui fazendo com que a via passe de trafego moderado para uma de pouco trafego na sua classificação, ou seja, as ruas passam de classe P3 para P4 fazendo com que a sua necessidade de fluxo luminoso seja a reduzida, permitindo com isto nesses horários reduzir a potência em ate 50% nas luminárias dando uma maior poupança de energia no sistema de IP, com

a tecnologia da Sogexi aplicada a IP permite programar esses eventos. O apêndice 10 contém o esquema de controle da IP aplicando esse dispositivo.

Considerando que o sistema de iluminação pública com luminárias LED proporciona uma economia de energia de cerca de 5831,64KWh ao mês e 69,98MWh ao ano, com a implementação desse comando, uma vez que o fluxo de energia seria reduzido até 50% das 0h às 6h isso permitiria aumentar ainda mais a economia, passando para 6556,23kwh ao mês e 78,675Mwh ao ano, como ilustra a tabela abaixo

Tipo	Qtd	Potencia (W)	Tempo (h)	KWh (dia)	KWh (mês)	MWh(ano)
VSAP	97	250	12	291	8.730	104,760
LED	97	83	12	72,459	2.173,770	26,01
Economia em kwh (Dia)			Economia em kwh (Mês)		Economia em Mwh(Ano)	
218.541			6.556,23		78,675	

Tabela 5: Estimativa de demanda de energia elétrica com Tecnologia PLC

Fonte: (Autor, 2022)

A figura abaixo mostra uma análise comparativa de potência demandada do comando atualmente usado com o proposto

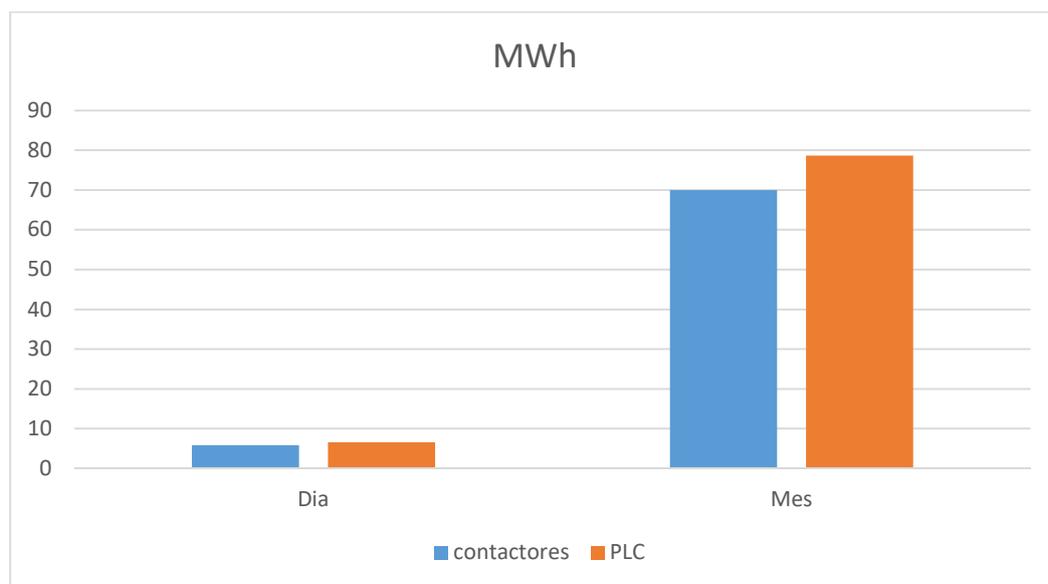


Figura 11: Análise comparativa do comando de IP

Fonte: (Autor, 2022)

De acordo com o gráfico verifica-se que o sistema apresenta um acréscimo de cerca de 13% de economia em relação ao comando convencional.

3.6. Sistema fotovoltaico

O sistema fotovoltaico (Central) terá um nível de tensão de geração máxima de 230V sendo considerada uma instalação de baixa tensão, devendo obedecer às normas regulamentadas pela R.T.I.E.B.T e R.S.I.U.E.E assim como outras afim.

3.6.1. Dimensionamento da potência mínima dos Painéis fotovoltaicos

Para iniciar o dimensionamento elétrico em questão é necessário conhecer as características da carga a alimentar, respetivamente: a tensão de alimentação, a potência absorvida e o tempo de funcionamento diário.

O cálculo da energia ativa absorvida pela carga diariamente, é obtida pela expressão:

$$W_d = P_c \times n \times t_f \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde P_c Representa a potência nominal da carga e t_f o tempo de funcionamento diário da carga, n o número de luminárias.

A potência mínima que deve ser gerada pelos painéis fotovoltaico pode ser calculada pela expressão:

$$P_{\min} = \frac{W_d}{HPS \times \eta_{\text{BAT}} \times \eta_{\text{Reg}} \times \eta_{\text{Conv}}} \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde η_{BAT} Representa o rendimento da bateria, η_{Reg} Rendimento do regulador e η_{Conv} Rendimento do conversor.

3.6.2. Tensão nos terminais dos painéis

O nível de tensão nos terminais do Gerador fotovoltaico depende do tipo de configuração, se os painéis estiverem em paralelo a tensão nos seus terminais será a mesma, mas se estiverem em série a tensão será a soma da tensão em cada painel. A tensão nos terminais dos painéis sofre grande influência da temperatura, daí que devemos considerar as piores condições de temperatura.

3.6.3. Número máximo de painéis em série

A tensão nos terminais do painel deve ser menor que a tensão DC máxima admissível pelo inversor. O número máximo de painéis ligados em série pode ser dado pela seguinte expressão:

$$\eta_{\max} = \frac{U_{\text{MAX}}^{\text{INV}}}{U_{\text{oc}(-10)}^{\text{Painel}}} \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde η_{\max} Representa o número máximo de painéis, $U_{\text{MAX}}^{\text{INV}}$ Tensão máxima admissível pelo inversor e $U_{\text{oc}(-10)}^{\text{Painel}}$ Tensão a -10°C no painel.

No caso de e $U_{\text{oc}(-10)}^{\text{Painel}}$ Não for dado pelo fabricante para painéis de silício mono ou policristalino pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$U_{\text{oc}(-10^{\circ}\text{C})}^{\text{Painel}} = 1,14 \times U_{\text{OC}}^{\text{STC}} \quad \text{Equação 3.4}$$

3.6.4. Número mínimo de painéis em série

Nos tempos de maior temperatura a tensão nos terminais do gerador tende a diminuir, desta forma devemos salvaguardar que a tensão de funcionamento do gerador fotovoltaico não seja menor que a tensão mínima MPP do inversor, caso contrário pode haver um corte no inversor. O número mínimo de painéis em série pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\eta_{\min} = \frac{U_{\text{MPPmin}}^{\text{INV}}}{U_{\text{MPP}(70^{\circ}\text{C})}^{\text{Painel}}} \quad \text{Equação 3.5}$$

Onde η_{\min} Representa o número mínimo de painéis, $U_{\text{MPPmin}}^{\text{INV}}$ Tensão mínima de MPP do inversor e $U_{\text{MPP}(70^{\circ}\text{C})}^{\text{Painel}}$ Tensão MPP a 70°C no painel.

A tensão do painel a 70°C caso não seja fornecido, tratando-se de um painel de silício mono ou policristalino pode se calcular pela seguinte expressão:

$$U_{\text{MPP}(70^{\circ}\text{C})}^{\text{Painel}} = 0,82 \times U_{\text{MPP}(\text{STC})}^{\text{Painel}} \quad \text{Equação 3.6}$$

3.6.5. Número máximo de fileiras

Em momento algum a corrente máxima do inversor deve ser excedida, a corrente máxima do inversor restringe o número de fileiras que podem ser ligadas em simultâneo. Podendo ser dada pela seguinte expressão:

$$N_{\max}^{\text{Fileira}} = \frac{I_{\max}^{\text{INV}}}{I_n^{\text{Fileira}}} \quad \text{Equação 3.7}$$

Onde $N_{\max}^{\text{Fileira}}$ Representa o número máximo de fileiras, I_{\max}^{INV} Corrente máxima DC admissível pelo inversor, I_n^{Fileira} Corrente nominal de cada fileira.

3.6.6. Capacidade das baterias

A capacidade da bateria é feita tendo em conta alguns fatores tais como a tecnologia da bateria, o rendimento da mesma e a profundidade de descarga. Podendo ser calculada pela seguinte expressão:

$$C_{\min} = \frac{W_d \times \text{Autonomia}}{U_{\text{BAT}} \times \text{PD} \times \eta_{\text{BAT}} \times \eta_{\text{Reg}} \times \eta_{\text{Conv}}} \quad \text{Equação 3.8}$$

Onde U_{BAT} Representa a tensão nominal da bateria, PD profundidade de descarga.

3.6.7. Dimensionamento do regulador de carga

O tipo de regulador em questão será o MPPT por se ajustar melhor a sistemas fotovoltaicos insolados possibilitando uma potência máxima de saída. A tensão do regulador deve ser igual ou superior a tensão de saída dos painéis fotovoltaicos assim como também deve ser compatível com a carga a ser alimentada. O cálculo da corrente mínima do regulador pode ser dado pela seguinte expressão:

$$I_{\min} = 1,25 \times I_{\text{cc}}^{\text{PV}} \quad \text{Equação 3.9}$$

Onde $I_{\text{cc}}^{\text{PV}}$ Representa a corrente de curto-circuito do painel fotovoltaico

3.6.8. Interruptor principal DC

A função do interruptor é de isolar o gerador fotovoltaico dos outros circuitos elétricos, sendo de extrema importância durante a manutenção ou reparação do sistema. O interruptor deve suportar a tensão máxima em aberto do gerador fotovoltaico a uma temperatura de -10°C , e uma corrente de curto-circuito do gerador de pelo menos 125% maior. A sua corrente mínima pode ser dada pela seguinte expressão:

$$I_{DC} = 1,25 \times I_{CC}^{PV} \quad \text{Equação 3.10}$$

Onde I_{DC} Representa corrente DC que o interruptor deverá ter a capacidade de interromper e I_{CC}^{PV} a corrente de curto-circuito do gerador.

3.6.9. Perdas nos condutores

A máxima queda de tensão admissível no circuito do condutor não deve ser superior a 1 % da tensão nominal do sistema fotovoltaico e pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$P = R \times I_{ns}^2 \quad \text{Equação 3.11}$$

Onde P representa as perdas em potência, R a resistência dos cabos e I_{ns}^2 a corrente nominal do gerador .

3.6.10. Dimensionamento dos cabos

É possível de encontrar três tipos de cabo em uma instalação fotovoltaica respetivamente: Cabo de fileira, Cabo principal DC e AC

A ligação entre vários painéis fotovoltaicos e caixa de junção é feita através dos cabos de fileira, devendo suportar uma corrente 25% maior que a corrente de curto-circuito do gerador, podendo ser calculada a partir da seguinte expressão:

$$I_{\text{cabo}} = 1.25 \times I_{\text{CC}}^{\text{PV}} \quad \text{Equação 3.12}$$

Onde I_{cabo} Representa a corrente que o cabo deve suportar e $I_{\text{CC}}^{\text{PV}}$ a corrente de curto-circuito do gerador.

A determinação da secção do condutor é feita em função da corrente máxima que o cabo devera suportar, ou seja:

$$I_{\text{cabo}} \leq I_Z \quad \text{Equação 3.13}$$

Onde I_{cabo} Representa a corrente que o cabo devera transportar, I_Z Corrente máxima suportada pelo cabo.

Com a secção do cabo determinada torna-se necessário verificar a queda de tensão máxima admissível.

Secção mínima para o cabo de fileira:

$$S_{\text{cabo}} = \frac{2 \times L_{\text{cabo}} \times I_{\text{FL}}}{0,01 \times U_{\text{MPP}} \times K} \quad \text{Equação 3.14}$$

Onde S_{cabo} Representa a secção do cabo, L_{cabo} Comprimento do cabo, I_{FL} Corrente nominal da fileira, U_{MPP} Tensão para o MPP e K condutividade elétrica do material.

Potência de perdas:

$$P_M = \frac{2 \times N \times L_{\text{cabo}} \times I_{\text{FL}}^2}{S_{\text{cabo}} \times K} \quad \text{Equação 3.15}$$

Onde P_M Representa Potencia de perdas e N número de fileiras do gerador.

Secção mínima para o cabo principal DC:

$$S_{\text{cabo}} = \frac{2 \times L_{\text{cabo}} \times I_n^2}{(0,01 \times P_{\text{FV}} - P_M) \times K} \quad \text{Equação 3.16}$$

Onde I_n apresenta a corrente nominal do gerador fotovoltaico, P_M potência de perdas.

Secção mínima para o cabo DC:

$$S_{\text{cabo}} = \frac{2 \times L_{\text{cabo}} \times I_{\text{max}}}{0,03 \times U_{\text{max}} \times K} \quad \text{Equação 3.17}$$

Onde I_{max} Representa a corrente máxima suportada pela carga, U_{max} Tensão máxima suportada pela carga.

Secção mínima para o cabo AC:

O cabo AC faz a ligação entre a rede elétrica e o inversor, sendo a queda máxima admissível pelo mesmo de 3% em relação a tensão nominal da rede.

$$S_{\text{caboAC}} = \frac{2 \times L_{\text{caboAC}} \times I_{nAC} \times \cos \phi}{0,03 \times U_{ns} \times K} \quad \text{Equação 3.18}$$

Onde S_{caboAC} Representa a secção do cabo AC, L_{caboAC} Comprimento do cabo AC, I_{nAC} Corrente nominal em AC e U_{ns} Tensão nominal simples.

Perdas no cabo AC:

$$P_{AC} = \frac{2 \times L_{\text{caboAC}} \times I_{nAC}^2 \times \cos \phi}{S_{\text{caboAC}} \times K} \quad \text{Equação 3.19}$$

Onde P_{AC} Representa a perda de potência no cabo AC

3.6.11. Dimensionamento de proteções

Cabos DC:

Os cabos dos geradores fotovoltaicos normalmente são protegidos por fusíveis. A corrente máxima admissível pelo cabo deve ser maior que a corrente nominal do fusível e menor que o limite de não fusão deste.

$$I_n \leq I_z \leq I_{nF} \leq 1,15 \times I_z \quad \text{Equação 3.20}$$

Onde I_n Representa a corrente nominal do fusível, I_z Corrente máxima admissível pelo cabo e I_{nF} Corrente de não fusão do fusível.

Para evitar cortes inesperados devido a intemperas, entre outros fatores a corrente nominal do fusível deve ser minimamente 25% superior que a corrente nominal a ser transportada pelo cabo.

$$I_n \geq 1,25 \times I_n^{PV} \quad \text{Equação 3.21}$$

Cabos AC:

A proteção dos cabos AC é feita por disjuntores. Os dispositivos devem satisfazer as duas condições subsequentes:

$$\begin{cases} I_s \leq I_n \leq I_z \\ I_f \leq 1,45 \times I_z \end{cases} \quad \text{Equação 3.22}$$

Onde I_s Representa a corrente de serviço do circuito, I_n a corrente nominal do disjuntor I_z Corrente admissível pelo cabo e I_f Corrente convencional de funcionamento do disjuntor.

Ligação a terra:

Todas as partes metálicas do sistema devem ser ligadas a terra. O condutor de terra deve ser separado dos outros cabos elétricos para evitar indução e descargas laterais. A sua secção deve ser a mesma que a do cabo DC com o mínimo de 4mm².

Proteção contra descargas atmosféricas

O sistema de proteção normalmente é constituído por um dispositivo de captação dos raios e um condutor de secção mínima de 16mm² para escoar as descargas para além de um sistema de aterramento isto para descargas diretas. Em caso de descargas indiretas caso o sistema não seja dotado de cabos blindados torna-se necessário utilizar descarregadores de sobretensão de corrente nominal de descarga de 10KA.

3.7. Cálculo do sistema fotovoltaico

Para o projeto serão considerados painéis fotovoltaicos de silício monocristalino, Baterias de ácido-chumbo, a tabela 6, 7 e 8 contém informações relativamente as informações técnicas dos equipamentos utilizados para o dimensionamento. Informações relativamente aos cálculos efetuados de forma detalhada estão contidas no apêndice 8.

Potência nominal (W)	530
Tensão de circuito aberto (V)	48,8
Corrente de curto-circuito (A)	13,80
Tensão MPP (V)	40,9
Corrente MPP (A)	12,96
Tensão máxima admissível (V)	1500
Dimensão (mm)	2261x1134x35
Peso (Kg)	27,8

Tabela 6: Painel fotovoltaico CanadianSolar-CS6W-540MS

Fonte: (Catalogo comercial CanadianSolar, 2022)

Tensão MPP (V)	60-115
Tensão máxima DC (V)	115
Potência nominal (W)	5000
Potência máxima DC (W)	4500
Corrente máxima DC (A)	80A
Frequência (HZ)	50/60
Dimensões (mm)	455x350x130
Peso (Kg)	14,5

Tabela 7: Inversor Growatt SPF 5000TL HVM

Fonte: (Catalogo comercial da Growatt, 2022)

Modelo	Tensão (V)	C10HR	C5HR	C1HR
Champion	24	200Ah	176Ah	124Ah

Tabela 8: Bateria Champion-260Ah

Fonte: (Catalogo comercial da Champion, 2022)

3.7.1. Potência mínima dos painéis

O circuito será composto por 97 luminárias LED cada com potência de 83W funcionando 12 Horas por dia

$$W_d = 83 \times 97 \times 12 = 96612\text{Wh}$$

Insolação media para o ano de 2021

É possível de verificar na tabela 9 que o mês de menor Insolação no plano Horizontal é o mês de junho, A figura 12 representa melhor essa relação. Obtivemos os valores de Insolação total média diária através do simulador online *Power Data Access Viewer* da NASA à partir das coordenadas de Latitude: -25.8898, Longitude: 32.6099.

Mês	Janeiro	Fevereiro	Marco	Abril	Maiο	Junho
Insolação (Kwh/m2)	5,95	5,17	5,88	4,89	4,22	3,75
Mês	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Insolação (Kwh/m2)	4,03	4,05	5,08	5	5,54	5,64

Tabela 9: Insolação média mensal para o ano de 2021 do local de estudo

Fonte: (Power.larc.nasa.gov, 2022)

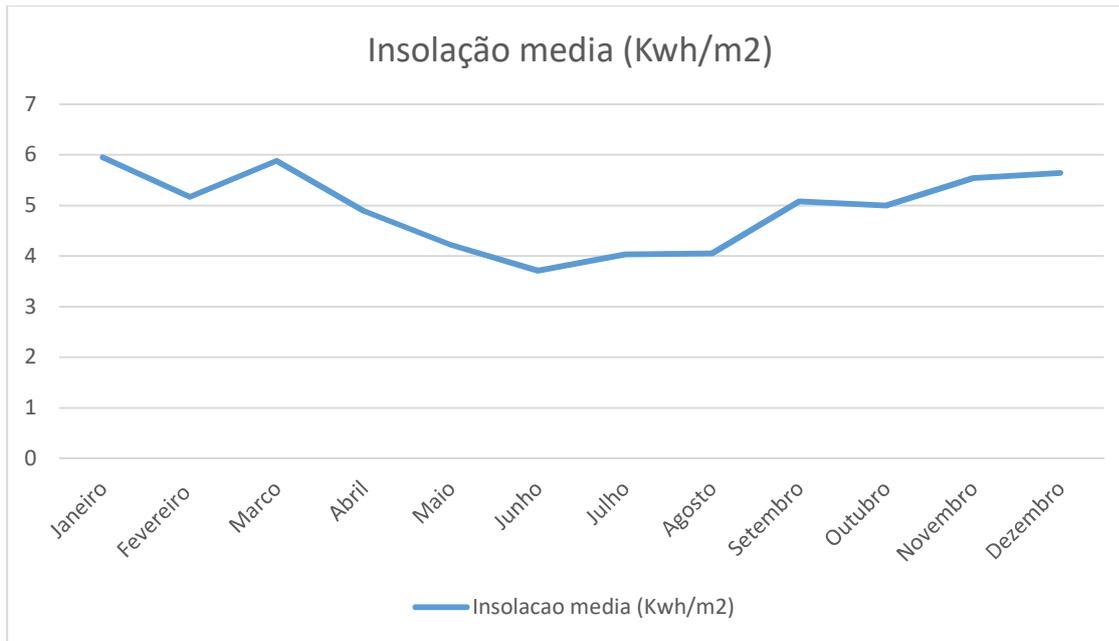


Figura 12: Insolação média mensal para o ano de 2021 do local de estudo

Fonte: (Autor, 2022)

Com a Insolação calculamos a quantidade de horas equivalente a uma irradiância de 1Kw/m2 (HPS) a partir da expressão:

$$HPS = \frac{H}{1000}$$

Dispositivo	Rendimento Energético
Bateria de ácido de chumbo	70%
Regulador de carga MPPT	97%
Conversor DC	90%

Tabela 10: Rendimento energético dos dispositivos

Fonte: (Autor, 2022)

É interessante avaliar a potência mínima para o pior mês e também para os outros meses do ano visto que a média da Insolação permanece quase que constante, considerando também o melhor mês em termos de insolação. O único parâmetro que mudaria no sistema de geração seria o HPS, sendo 3,75 para o mês de junho, 5,95 para o melhor mês que é janeiro e de 4,95 em média para os demais meses.

$$P_{\min} = \frac{96612}{3,75 \times 0,70 \times 0,97 \times 0,90} = 42.158,73W \quad : \text{Junho, HPS} = 3,75$$

$$P_{\min} = \frac{96612}{5,95 \times 0,70 \times 0,97 \times 0,90} = 26.570,63W \quad : \text{Janeiro, HPS} = 5,95$$

$$P_{\min} = \frac{96612}{4,95 \times 0,70 \times 0,97 \times 0,90} = 31.938,43W \quad : \text{Outros, HPS} = 4,95$$

A tabela a baixo demonstra a potência mínima a ser produzida para os diferentes cenários.

	Potência (W)
Janeiro	26.570,63
Junho	42.158,73
Outros	31.938,43

Tabela 11: Potência mínima de geração

Fonte: (Autor, 2022)

Verifica-se que somente no mês de junho é que a potência que deveria ser gerada pelo sistema por hora será máxima, mas nos restantes meses é quase a metade da potência produzida tendo o mês de junho como referência, a tabela seguinte mostra a variação da potência e percentual da potência do sistema nos diferentes meses tendo como referência Junho. A figura 13 mostra melhor essa relação

	Potência (W)	Variação (W)	Variação (%)
Janeiro	26.570,63	15.588,1	36
Junho	42.158,73	---	---
Outros	31.938,43	10.220,3	24,24

Tabela 12: Variação de potência produzida por hora

Fonte: (Autor, 2022)

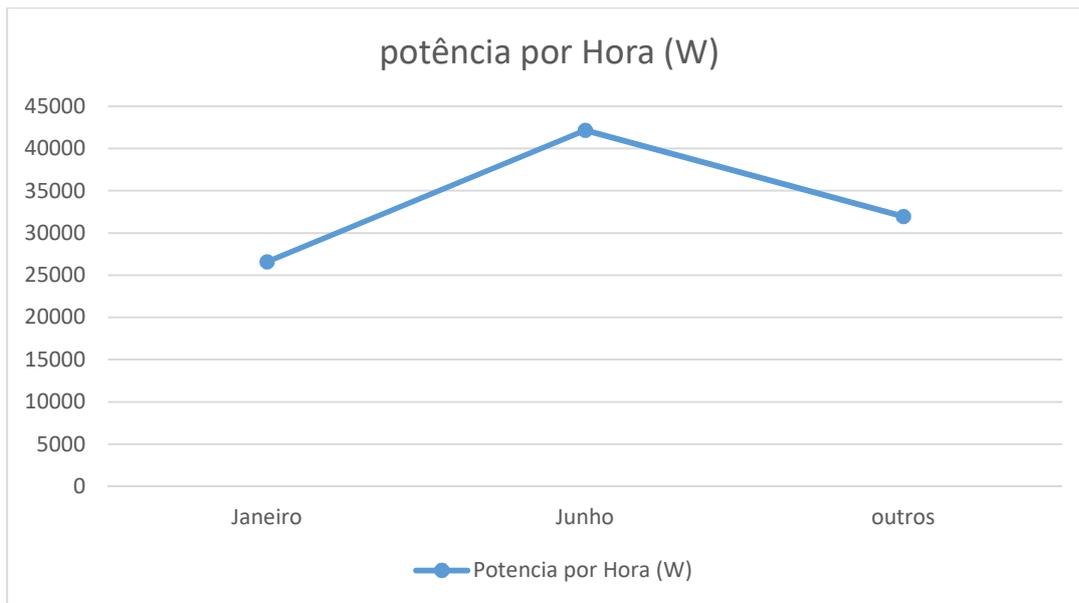


Figura 13: Variação de potência produzida por hora

Fonte: (Autor, 2022)

De acordo com a tabela 13 nota-se que em média 30% da energia para os meses diferentes de janeiro estaria a ser inutilizável, cerca de 15,177Kw energia essa que poderia ser injetada e ou vendida na rede. Visto que o custo de produção de energia fotovoltaica é mais reduzida e oscila menos comparativamente com as outras, permitiria reduzir a taxa de energia por kW para os períodos em que essa energia estivesse a ser injetada na rede, melhorando os benefícios para a sociedade local.

Por outro lado poderia ser dimensionada a central para potência média de cerca de 31.938,43KW, mas para o mês de menor insolação, ou seja Janeiro, parte da energia que estaria em déficit no sistema de IP que seria cerca de 25% seria proveniente da rede de distribuição pública formando assim um sistema Híbrido, a vantagem disso seria uma redução no custo de implementação do sistema fotovoltaico, assim como na sua manutenção.

Para efeitos de dimensionamento, consideramos o pior caso, ou seja, consideraremos o mês de junho para que o sistema seja autónomo fiável para os diferentes meses e épocas do ano sem interrupções. Desta forma a central deveria possuir uma capacidade de aproximadamente 42.158,73W.

3.7.2. Número de painéis

A quantidade de painéis necessários para a central pode ser obtida pela divisão entre a potência da central e a potência de cada painel. A semelhança da análise feita nos itens anteriores relativamente a potência a ser produzida na central, faremos o mesmo para a quantidade de painéis necessárias pois está diretamente ligada com a potência.

	Potência (W)	Qtd painéis	Varição Qtd
Janeiro	26.570,63	50,13	29,41
Junho	42.158,73	79,54	---
Outros	31.938,43	60,28	19,26

Tabela 13: Variação na quantidade de painéis

Fonte: (Autor, 2022)

Como era esperado de acordo com a tabela 13, teremos que ter uma quantidade de painéis maiores ativos para o mês de junho relativamente aos demais, o que vai se resumir em custos adicionais desnecessários, mas justificados devido a questões de fiabilidade tal como visto no tópico anterior.

3.7.3. Configuração dos painéis

Um aspeto de grande importância é a forma como os painéis estarão ligados, podendo ser em série, paralelo ou de forma mista. Para um mesmo número de painéis independentemente da configuração a potência total produzida pelos mesmos não se altera, mas tem um impacto direto na quantidade de inversores a usar devido a limitação dos mesmos em termos de corrente e tensão a considerar durante o dimensionamento. Quanto maior o número de painéis em série melhor, porque permite ter maior potência com a menor corrente o que faz com que a corrente DC do inversor seja mais reduzida, comparativamente se as mesmas estivessem em

paralelo, mas exige que a tensão suportada pelo inversor seja maior na mesma proporção. Para este projeto será considerada uma associação mista.

3.7.4. Número de painéis por inversor

Os inversores deverão ser ligados a um mesmo número de painéis de modo a garantir uma distribuição uniforme da potência em cada inversor, podendo ser obtida a partir da divisão entre o número de painéis pelo número de inversores.

$$N_{\text{painel/inv}} = \frac{80}{8} = 10$$

Desta forma teremos 10 painéis por inversor.

3.7.5. Painéis por fileira e máximo de fileiras por inversor

É imperioso conhecer os limites de associações em série e em paralelo dos painéis com vista a não exceder os níveis de tensão e corrente admissíveis pelo inversor para não danificar o sistema tornando-o inapto.

Nº Máximo de painéis em série	2
Nº Mínimo de painéis em série	1,22
Nº Máximo de painéis em paralelo	5,8

Tabela 14: Limites

Fonte: (Autor, 2022)

De acordo com os resultados terão 80 painéis dividido por 8 inversores cada ligado a 5 fileiras com 2 painéis em série por fileira. Os sistemas fotovoltaicos são muito sensíveis a temperaturas podendo atingir tensões maiores no inverno e menores no verão são utilizados para dimensionando temperaturas de -10°C e 70 °C para garantir que nessas condições não sejam excedidos os valores de tensão máxima e mínima. A tensão máxima atingida por fileira nessas condições será de 111,26V e mínima de 98,4V.

3.7.6. Dimensionamento do banco de baterias

A capacidade total do banco de baterias para a autonomia desejada de 3 dias deverá ser de 39.523,81Ah utilizando baterias a ácido-chumbo, o banco será formado por baterias de 260Ah, 24V, 152 Baterias seriam suficientes de acordo com os cálculos no apêndice 8, mas para uma distribuição da carga uniforme, foi escolhido um total de 160 baterias para os 8 inversores o que permite ter 20 baterias por inversor, sendo que 2 estão em série em cada fileira para que se alcance uma tensão de 48V para garantir uma tensão de alimentação adequada exigida pelo inversor, sendo cada inversor constituída por 10 fileiras de baterias.

3.7.7. Dimensionamento dos interruptores principais DC

Os interruptores do sistema DC devem ter a capacidade de interruptor uma corrente DC 25% superior à do curto-circuito do gerador para a maior tensão atingida que é na menor temperatura possível tendo como padrão -10°C. O interruptor foi dimensionado para a maior corrente que é atingida nos inversores com 5 fileiras desta forma, tem que ter a capacidade de cortar uma corrente acima de 86,25A Para uma tensão de 111,26V. O Calibre escolhido foi de 100A.

Nº de fileiras	5
Corrente máxima DC (A)	69
1.25 Corrente máxima DC (A)	86,25
Tensão a -10°C.(V)	111,26

Tabela 15: Dimensionamento do interruptor DC

Fonte: (Autor, 2022)

3.7.8. Dimensionamento dos cabos

3.7.8.1. Cabo de fileira

Os comprimentos dos cabos de fileira são variáveis, para efeitos de dimensionamento será utilizado o maior comprimento que é onde ocorrem as maiores perdas para o cálculo da secção.com base nos resultados dos cálculos no apêndice 8 o cabo escolhido terá secção mínima de 10mm²

Comprimento máximo (m)	25
Secção mínima do cabo (mm²)	10

Tabela 9: Secção mínima dos cabos de fileira

Fonte: (Autor, 2022)

3.7.8.2. Cabo principal DC

O cabo principal DC deve igualmente suportar uma corrente 25% maior que a do gerador em curto-circuito. Com base nos resultados dos cálculos no apêndice 8 o cabo escolhido será XV0,6/1kV-2x35mm²

Comprimento máximo (m)	10
Secção mínima do cabo (mm²)	33

Tabela 16: Secção mínima dos cabos DC

Fonte: (Autor, 2022)

3.7.8.3. Cabo AC

Nos cabos AC é Permitida uma queda de tensão de até 3% em relação a tensão nominal da rede. Por existir mais do que um inversor, terão dois cabos AC, o cabo que liga o inversor à caixa de junção AC e o cabo que liga a caixa de junção AC a rede de iluminação pública. É permitida uma queda de tensão de 2% no cabo AC (inversor – caixa de junção AC) e 1% para o cabo principal AC, (caixa de junção AC – IP). O cabo devera suportar uma corrente de pelo menos 21,74A, para essa corrente a secção

mínima deverá ser de $1,18\text{mm}^2$. Com base nos resultados dos cálculos no apêndice 8 o cabo escolhido será XV0,6/1kV-2x2,5 mm^2

3.7.8.4. Cabo principal AC

Corrente máxima do Cabo (A)	173,92
U_n (V)	220
Comprimento do cabo (m)	15
Secção mínima do cabo (mm^2)	44,27

Tabela 17: secção mínima do cabo principal

Fonte: (Autor, 2022)

Com base nos resultados dos cálculos no apêndice 8 o cabo escolhido será XV0,6/1kV-2x50 mm^2

3.7.8.5. Proteção dos cabos

Todos os cabos DC tanto o de fileira assim como principal deveram ser protegidos através de fusíveis e os cabos AC por disjuntores. Todos os dispositivos devem obedecer às especificações técnicas do apêndice 8. Os cabos de fileira serão protegidos por fusíveis de $I_n = 100 A$, o cabo principal DC por fusíveis de $I_n = 125 A$, Os disjuntores AC deveram ter um calibre de 25A e o Cabo AC principal por um disjuntor de 200A.

3.7.8.6. Potências de perda por efeito joule

As perdas máximas admissíveis para uma central fotovoltaica são de 5% sendo que 2% para o circuito de corrente continua e 3% alternada. A potência de perdas total da central é de 1.227W equivalente a 2,9 % da potência total.

3.7.8.7. Aterramento

O elétrodo de terra deve ser constituído de um condutor enterrado horizontalmente, de cobre nu de 50 mm² ao longo da central. A rede de terra terá um comprimento de 60m o que implica uma resistência de terra de 9Ω.

3.7.8.8. Manutenção

As centrais fotovoltaicas têm uma quantidade de manutenção bem reduzida. A manutenção deverá ser feita semestralmente, realizando a limpeza dos painéis, testes para aferir o estado de saúde do sistema.

3.8. Avaliação econômica

A avaliação econômica de um projeto é feita com base em alguns indicadores tais como o Valor atual líquido (VAL) e Taxa Interna de Rentabilidade (TIR).

O VAL tem a função de avaliar o projeto com cálculo do valor atual de todos os seus fluxos de caixa. Dado pela fórmula:

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{R_t - D_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i)^t}$$

I_t = Investimento no ano t;

R_t = Receitas brutas de exploração no ano t;

D_t = Despesas brutas de exploração no ano t;

i = Taxa de juros;

n = tempo de vida útil do projeto em anos.

Para determinar a taxa de rentabilidade mínima de retorno de um projeto que o torna viável é através do TIR:

$$\sum_{t=0}^{n=\infty} \frac{CF}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Se o valor for positivo (**VAL > 0**), o projeto será economicamente viável por permitir não só cobrir o investimento assim como também gerar a remuneração exigida pelo investidor e ainda excedentes financeiros;

Se o valor for nulo (**VAL = 0**), o projeto remunera o capital com a taxa *i*. Se o valor for negativo (**VAL < 0**) o projeto é inviável.

As despesas brutas de exploração (**D_t**) Compreendem a manutenção, Limpeza e Realização de testes e recolha de dados técnicos.

As receitas brutas de exploração (**R_t**) Correspondem a valores com economia de energia.

Para fazer a avaliação econômica do projeto será levado em consideração alguns pressupostos:

- Os encargos de operação e manutenção do sistema são fixos ao longo dos anos do projeto;
- Assumimos o tempo de vida útil do projeto de 15 anos;
- Assumimos que o consumo energético se mantém constante durante os anos em análise;
- O *cash-flow* acumulado, é o cumulativo dos valores de *cash flow* desde o ano 0 até ao ano final do projeto.
- Todos os encargos de investimento são feitos no ano 0;

3.8.1. Custos com implementação da iluminação

	Produto	Qtd	Preço (MZN)		Referencia
			Unitário	Total	
1	Luminárias LED	97	4500	436.500	PHILIPS
2	TCU	1	55.000	55.000	Sogexi
3	TDX	97	950	92150	Sogexi
4	Modem	1	3500	3500	Movitel
	Subtotal	-	-	587.150	-

Tabela 18: Preçário do sistema de IP

Fonte: (Autor, 2022)

Mão de obra

Moeda	MZN
Mão-de-obra (20% subtotal)	117.430
Imprevistos (5% subtotal)	29.357,5
Transporte (5% subtotal)	29.357,5
Custo total do projeto	763.295

Tabela 19: Mão-de-obra do sistema de IP

Fonte: (Autor, 2022)

Plano de manutenção

Itens	Valor (MZN)
Limpeza de luminárias	13.000

Tabela 20: Plano de manutenção da IP

Fonte: (Autor, 2022)

Informações econômicas

Itens	Valores (MZN)
Juros (TMA)	10%
Investimento inicial total (MZN)	763.295
Custo de manutenção anual	13.000
Economia anual de energia	444.513,75

Tabela 21: Informações econômicas da IP

Fonte: (Autor, 2022)

Análise do projeto

Ano	Investimento (MZN)	Custos (MZN)	Receitas (MZN)	Fluxo de caixa (MZN)
0	- 763.295	0	0	- 763.295
1	0	13.000	444.513,75	- 371.009,77
2	0	13.000	444.513,75	21.275,46
3	0	13.000	444.513,75	413.560,69
4	0	13.000	444.513,75	805.845,92
5	0	13.000	444.513,75	1.198.130,92
6	0	13.000	444.513,75	1.590.416,15
7	0	13.000	444.513,75	1.982.701,38
8	0	13.000	444.513,75	2.374.986,61
9	0	13.000	444.513,75	2.767.271,84
10	0	13.000	444.513,75	3.159.557,07

Tabela 22: Análise do projeto

Fonte: (Autor, 2022)

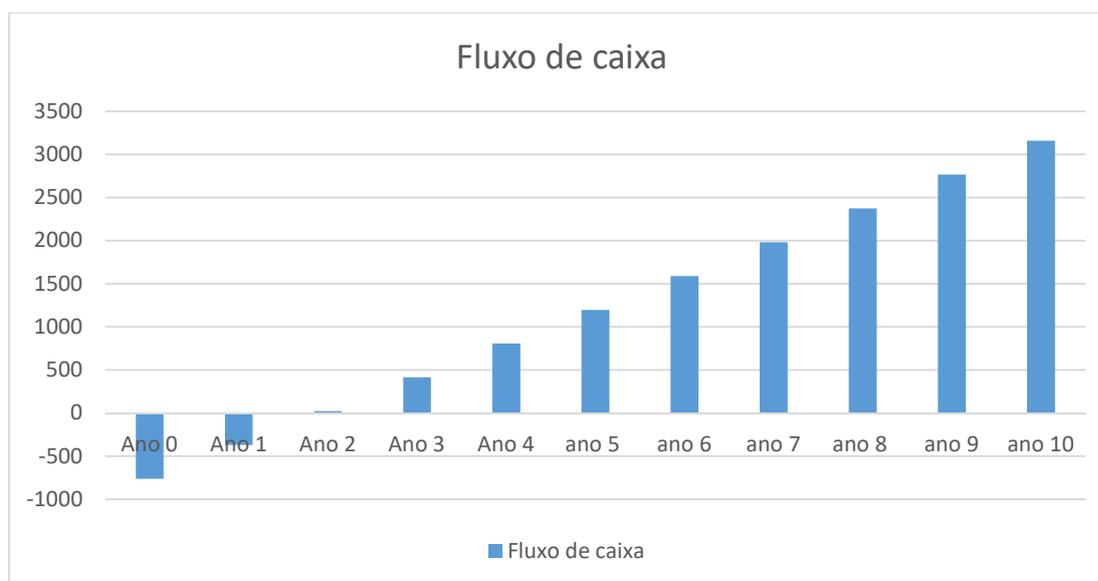


Figura 14: Análise econômica do projeto

Fonte: (Autor, 2022)

Considerando os resultados obtidos ao longo dos anos na tabela 22 observamos que a partir do 2º ano temos um VAL Positivo valor esse que aumenta linearmente a partir do ano 2 de acordo com a figura 14 considerando os pressupostos do projeto de IP, tornando o projeto viável e com um tempo de retorno de 2 anos. Os preços dos materiais são em meticais, não incluem o IVA para todos os casos analisados nesta secção.

3.8.2. Custos com a implementação do sistema fotovoltaico

	Produto	Qtd	Preço (MZN)		Referencia
			Unitário	Total	
1	Painel fotovoltaico 530W	80	14000	1.120.000	Endereço 1
2	Inversor 5000W	8	46400	371.200	Endereço 1
3	Cabo XV0.6/1Kv-2x 10mm ²	40/25m	192/m	192.000	Endereço 1
4	Cabo XV0.6/1Kv-2x 35mm ²	8/10m	673/m	53.840	Endereço 1
5	Cabo XV0.6/1Kv-2x 2.5mm ²	8/10m	157/m	12.560	Endereço 2
6	Cabo XV0.6/1Kv-2x 50mm ²	1/15m	769/m	11.535	Endereço 2
7	Cabo de cobre nu 35mm ²	1/60m	300/m	18.000	Endereço 2

8	Interruptor geral 100A DC	8	2280	18.240	Endereço 1
9	Fusível 125A + acessórios	2	550	1100	Endereço 1
10	Fusível 100A + acessórios	72	400	28.800	Endereço 1
11	Disjuntor 2P 25A	8	500	4.000	Endereço 1
12	Disjuntor 2P 200A	1	3000	3000	Endereço 1
13	Bateria 260Ah	160	10.500	1.680.000	Endereço 1
14	Seguidor solar	2	60.000	120.000	Endereço 3
	Subtotal	-	-	3.634.675	

Tabela 23: Precário do sistema fotovoltaico

Fonte: (Autor, 2022)

Mão-de-obra

Moeda	Metical
Mão-de-obra (20% subtotal)	726.935
Imprevistos (5% subtotal)	181.733,75
Transporte (5% subtotal)	181.733,75
Custo total do projeto	4.725.077,5

Tabela 24: Mão-de-obra do sistema fotovoltaico

Fonte: (Autor, 2022)

Endereço 1 <https://onlineshop.gcsolar.co.za>

Endereço 2 <http://www.mocambique.geradordeprecos.info>

Endereço 3 <https://portuguese.alibaba.com>

Plano de manutenção

Itens	Valor (MZN)
Limpeza dos painéis fotovoltaicos	10.000
Realização de testes e recolha de dados técnicos	5.000

Tabela 25: Plano de manutenção do sistema fotovoltaico

Fonte: (Autor, 2022)

Informações econômicas

Itens	Valore (MZN)
Juros (TMA)	10%
Investimento inicial total	4.725.077,5
Custo de manutenção anual	15.000
Economia anual de energia	592.894

Tabela 26: Informações econômicas do sistema fotovoltaico

Fonte: (Autor, 2022)

Análise do projeto

Ano	Investimento (MZN)	Custos (MZN)	Receitas (MZN)	Fluxo de caixa (MZN)
0	- 4.725.077,5	0	0	- 4.725.077,5
1	0	15.000	592.894	- 4.199.719
2	0	15.000	592.894	- 3.674.361,14
3	0	15.000	592.894	- 3.149.002,96
4	0	15.000	592.894	- 2.623.644,78
5	0	15.000	592.894	- 2.098.286,6
6	0	15.000	592.894	- 1.572.928,42
7	0	15.000	592.894	- 1.047.570,24
8	0	15.000	592.894	- 522.212,06
9	0	15.000	592.894	3.146,12

Tabela 27: Análise do projeto do sistema fotovoltaico

Fonte: (Autor, 2022)

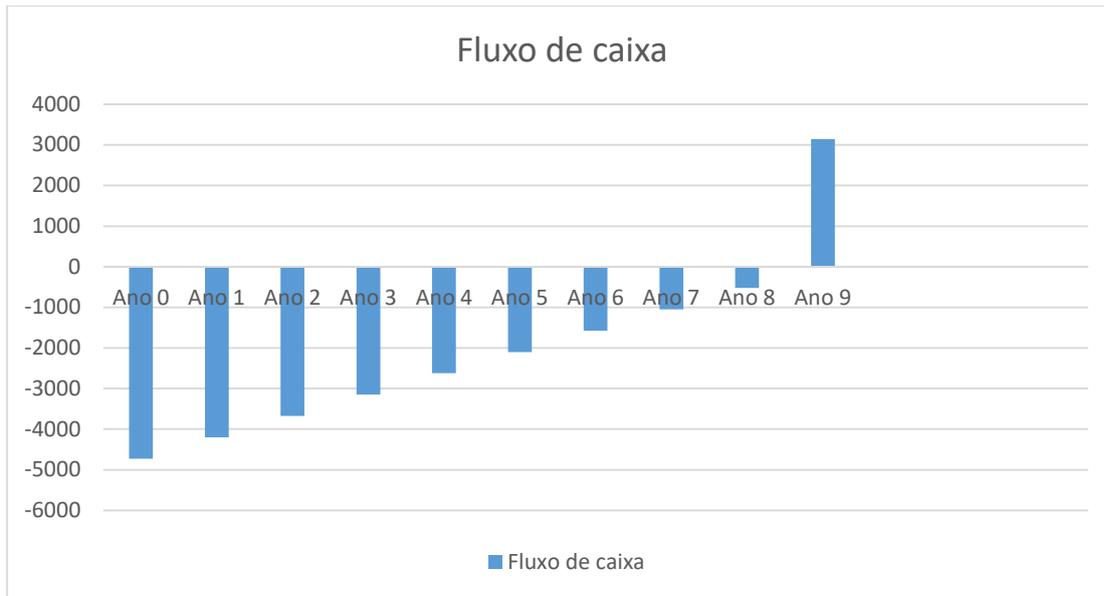


Figura 15: Fluxo de caixa do projeto fotovoltaico

Fonte: (Autor, 2022)

Considerando os resultados obtidos ao longo dos anos na tabela 27 e figura 15 observamos que a partir do nono ano temos um VAL Positivo tornando o projeto viável e com um tempo de retorno de 9 anos.

Custo de produção por KWh VS benefício

O cálculo da energia por KWh pode ser dado a partir da seguinte expressão:

$$C_{energia} = \frac{C_{inv} + C_{manut}}{E_{total}} \quad \text{Equação 3.23}$$

É interessante avaliar o custo de produção médio na qual teria que subsidiar ao sistema fotovoltaico para que dentro do tempo de vida útil pudesse cobrir com os custos de investimento e manutenção, esse cálculo pode ser feito a partir da equação 3.23.

$$C_{energia} = \frac{4.725.077,5 + 375.000}{2.655.954} = 1,92 \text{ MZN/KWh}$$

O custo de produção médio de energia por *Kilowatt* da central fotovoltaica é de 1,92 MZN/KWh. O gráfico abaixo mostra uma análise comparativa entre o custo de produção do sistema fotovoltaico e o custo de energia cobrado a IP atualmente usando a rede convencional de energia.

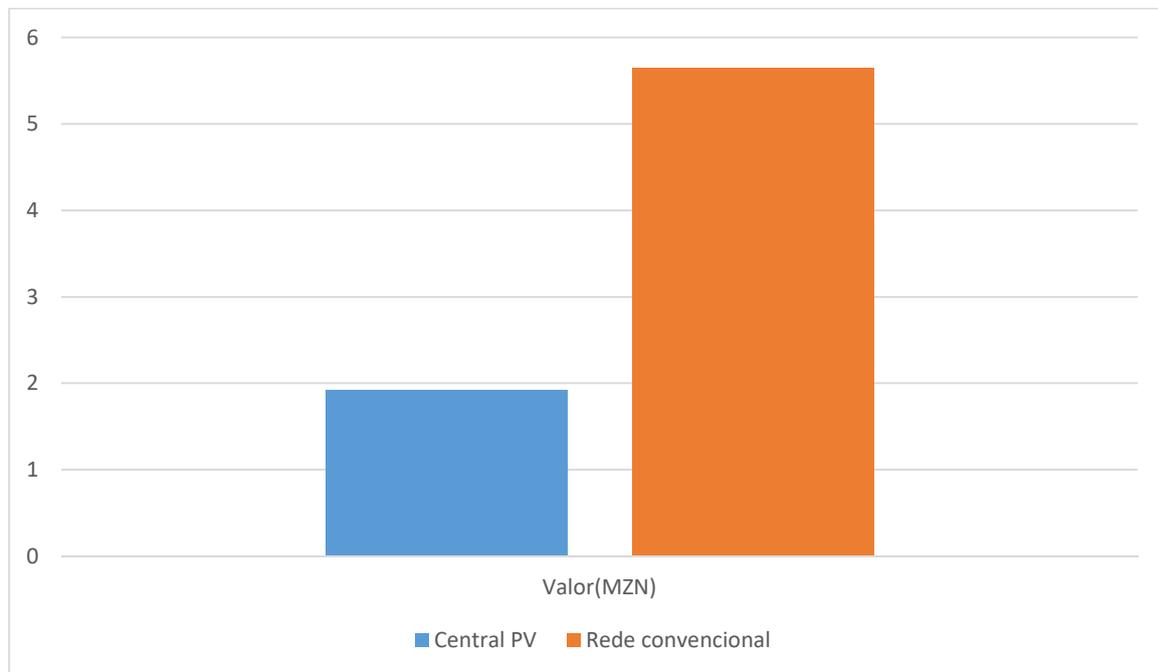


Figura 16: Análise comparativa do custo da fonte fotovoltaica VS Convencional

Fonte: (Autor, 2022)

Com os dados do gráfico, observa-se uma redução de custo de cerca de 66 % em relação ao valor atual gasto no sistema de IP.

De um modo geral em todas vertentes o projeto se mostra viável, visto que este projeto seria considerado como parte de uma responsabilidade social da empresa EDM cujo a finalidade a primeira mão não é de lucrar, mas sim tornar os custos os mais reduzidos possíveis ou elimina-los. Tornando o sistema de IP autônoma, para além disso este projeto ajudaria a reduzir os níveis de poluição e impactos ambientais quando aplicado em grande escala, isto associado ao tempo de vida útil estimado do projeto que é de mais 25 anos. Dando mais benefícios ainda olhando pelo lado ambiental.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1. Conclusão

A busca por qualidade, eficiência e economia de energia tem sido uma das grandes preocupações das concessionárias. No lote habitacional do bairro estudado O sistema de iluminação pública atualmente encontra-se fora dos parâmetros estabelecidos pelas normas para aquele tipo de via. Com o estudo realizado utilizando a tecnologia LED conseguiríamos manter os parâmetros dentro das normas, para além de poder ter uma economia de até 67%, economia essa que pode ser ainda maior grassas ao sistema de comando PLC podendo chegar a 70%, para além de permitir ter um maior controlo da IP a partir desta tecnologia, facilitando trabalhos de manutenção e deteção de avarias no sistema, tornando a iluminação pública também parte do conceito *smart-grid*. Permitiria também melhorar e muito o fator de potência da rede.

Com a descentralização da fonte de alimentação de IP através do sistema autónomo proposto, iria aliviar a rede de distribuição Nacional em até 1,5 % permitindo reduzir as perdas na mesma proporção. Para o local de estudo em questão reduziria em até 12% do carregamento do transformador ajudando a melhorar a qualidade de energia da mesma ou expandir ligações para mais de 100 estabelecimentos de consumo médio.

Em algumas épocas do ano o sistema teria cerca de 30% de energia remanescente dada a insolação mais intensa, energia essa que poderia ajudar a reforçar a rede de distribuição domestica ou fazer a revenda da mesma energia excedente. Apesar de ser um investimento muito grande por parte da concessionária se mostra um investimento viável, visto que seria possível recuperar o capital investido em menos de 10 anos, considerando que o objetivo da iluminação pública é beneficiar a sociedade sem ter nenhum lucro, mas também não querendo perdas, este é um excelente investimento dadas as suas vantagens.

4.2. Recomendações

Com a conclusão deste trabalho são apresentados alguns tópicos suscetíveis de estudo no futuro, como forma a complementar este projeto e a melhorar os sistemas de iluminação Pública:

- Analisar aspetos técnicos e de viabilidade com vista a injetar a energia excedente no sistema fotovoltaico para comercialização na rede;
- Analisar outras tecnologias dos diferentes componentes que compõem uma central PV com vista a fazer uma análise comparativa entre custo e benefícios;
- Aprofundar e estudar detalhadamente a aplicação da tecnologia *power line communication* (PLC) a redes de distribuição de baixa e média tensão;
- Fazer o uso de *softwares* de simulação para centrais fotovoltaicas e redes elétricas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Alves, V. A. (2008), Dimensionamento de sistemas de produção de electricidade baseados em sistemas solares, Porto .
- [2]. Antunes, L. E. (2018), Projetos de Iluminação Pública utilizando enxames de partículas , Pampa.
- [3]. Ascurra, R. E. (2013), Eficiencia electrica em iluminacao publica , Cuiabá.
- [4]. Baliza , E. S. (2016), optimizacao da iluminacao publica utilizando sistemas de automacao , Ouro Preto.
- [5]. Castro, R. (2009), Energias Renováveis e Produção Descentralizada, Madrid.
- [6]. EDM. (2014), Relatorio anual de estatistica, Maputo.
- [7]. EDM. (2020), Relatório de contas, Maputo
- [8]. Filho, J. M. (2013), Protecao de sistemas electricos de potencia, Rio de Janeiro.
- [9]. Florencio , A. (2019), Sistema de IP com aplicacao de tecnologia LED e sistema de telegestao, Florianopolis.
- [10]. José, S. M. (2017), Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética, 1ª edição, são Paulo.
- [11]. Lakatos, E. M., & Marconi, M. d. (1992). Metodologia do Trabalho Cientifico, São Paulo.
- [12]. Marcelo, G. V. (2012), Energia Solar Fotovoltaica, 1ª edição, Campinas.
- [13]. Reves, G. (2009), Sondagem de opiniao Publica , Maputo.
- [14]. Seca, N. M. (2013), Sistemas de Informação aplicados a Sistemas de Iluminação Pública , Sao Paulo.
- [15]. Silva, N. E. (2017), Aplicacao de eficiencia energetica e uso de paineis fotovoltaicos na iluminacao, Uberlândia.
- [16]. Varela, E. L. (2019) , Sistemas autonomos de iluminacao publica, Cabo Verde.

[17]. <https://www.voltimum.pt/sites/www.voltimum.pt/files/pdflibrary/rtiebt.pdf>, acesso em 22 de Junho de 2022.

[18]. <https://www.edm.co.mz/en/website/page/reports>, acesso em 12 de abril de 2022.

[19]. <https://portal.edm.co.mz/pt/website/page/tarif%C3%A1rio-de-energia-el%C3%A9ctrica>, acesso em 26 de junho de 2022.

[20]. <https://www.edm.co.mz/pt/document/reports-reports-and-accounts/relat%C3%B3rio-e-contas-2020>, acesso em 26 de junho de 2022

[21]. <https://www.profelectro.info/rsiuee-regulamento-de-seguranca-de-instalacoes-de-utilizacao-de-energia-electrica/>, acesso em 24 de maio de 2022

APÉNDICE

Tabela A1.1: **Classificação de vias para tráfego de pedestres**

Fonte: (Dialux,2022)

Descrição da via	Classe de iluminação
Vias de intenso tráfego noturno	P1
Vias de grande tráfego noturno	P2
Vias de tráfego noturno moderado	P3
Vias de pouco tráfego	P4

Tabela A2.1: **Iluminância média e fator de uniformidade mínimo**

Fonte: (Dialux,2022)

Classe de iluminação	Iluminância Horizontal media (LUX)	Fator mínimo de uniformidade
P1	[15-22,50]	0.3
P2	[10-15]	0.25
P3	[7,5-11,25]	0.2
P4	[5-7,5]	0.2

APÊNDICE 2

Apêndice A2.2: Explicação detalhada da junção PN.

Apêndice A2.3: Explicação detalhada do efeito fotovoltaico.

Junção PN

A junção é composta por um semicondutor do tipo P e um do tipo N. O do tipo P possui mais elétrons livres em relação a lacunas, sendo que o do tipo N dispõe de mais lacunas do que elétrons. Ao contato desses semicondutores inicia-se um fluxo de elétrons do semicondutor N para o semicondutor P, a esse processo designamos de difusão. Com a recombinação dos elétrons nas lacunas surge uma zona neutra, desprovido da existência de carga. Com a difusão ocorre uma subida de cargas positivas no semicondutor N, pois os átomos perdem elétrons, tornando-se iões positivos.

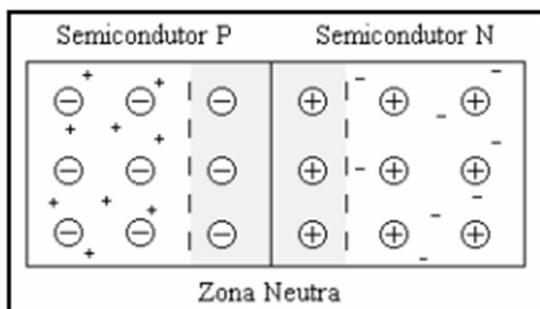


Figura A2.1: Junção PN

Fonte: (Maykon, 2018)

No semicondutor P ocorre um aumento de carga negativa pelo facto dos elétrons serem absorvidos pelas Lacunas, surgindo assim uma barreira de potencial que se opõe a difusão. A zona neutra fica definida quando é atingido o equilíbrio entre as cargas de cada um dos semicondutores.

Efeito fotovoltaico

Para que a junção PN permita o fluxo de elétrons, é necessário que os elétrons saiam da camada de valência e passem para a camada de condução. Para que isso ocorra é necessário fornecer energia a junção.

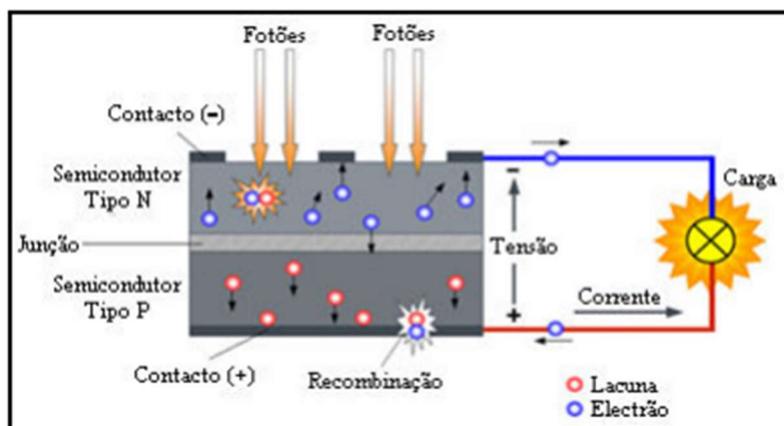


Figura A2.2: Efeito fotovoltaico

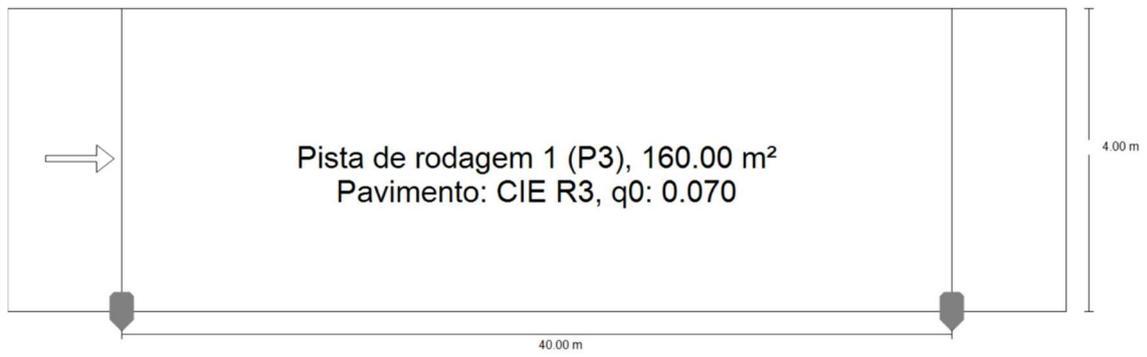
Fonte: (Maykon, 2018)

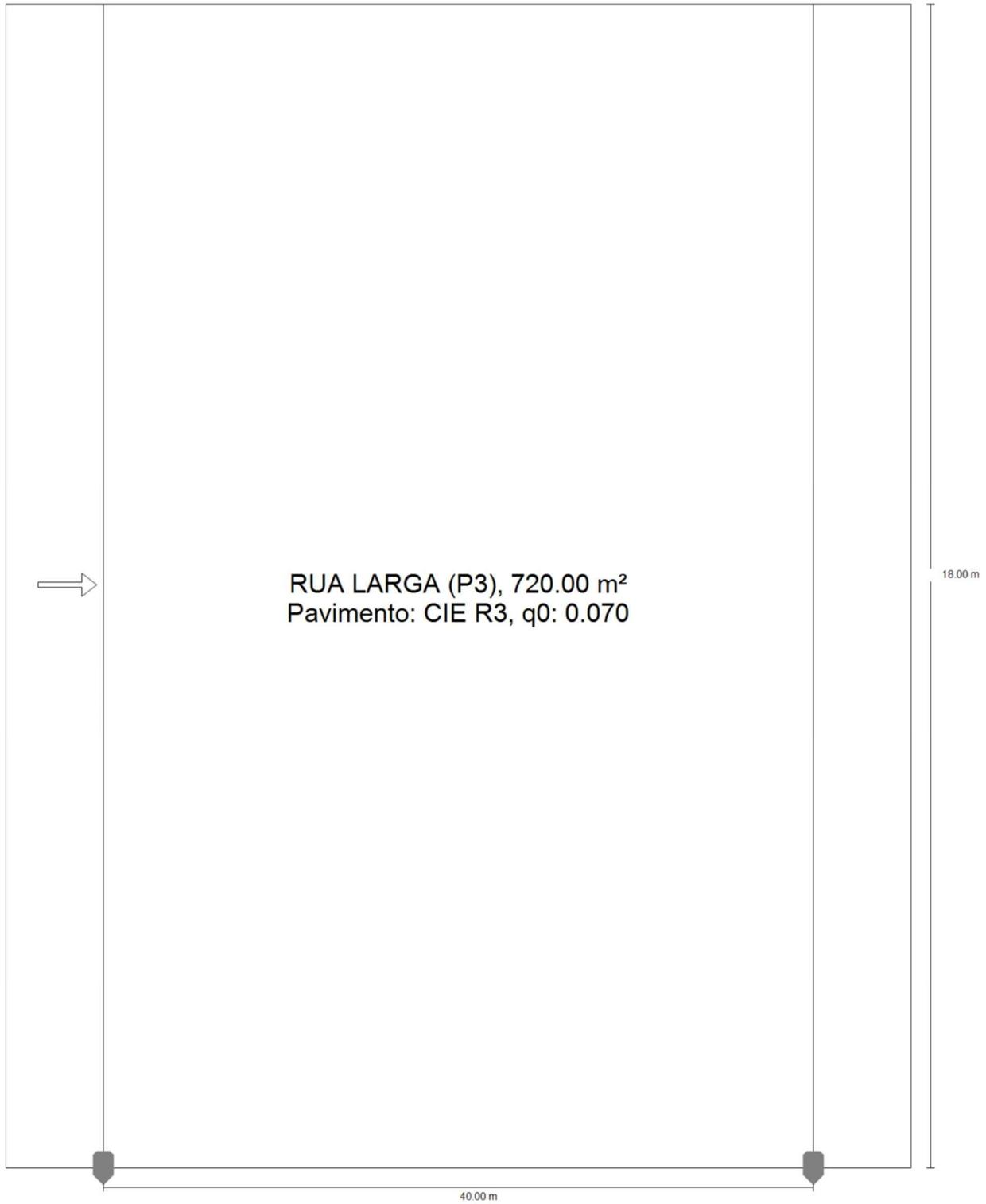
Para as células fotovoltaica essa energia provem da luz solar, que basicamente é formada por fotões. Na ausência de luz e sem tensão externa aplicada à célula, a corrente na junção é nula. Mas quando ocorre a irradiância da célula com luz, a energia dos fotões é transferida para os elétrons. Apenas os fotões com energia suficiente para permitir a migração dos elétrons para a banda de condução, darão origem a um fluxo de elétrons na junção P-N.

APÊNDICE 3

Apêndice A3.4: Campo de estudo Luminotécnico – Rua 4770.

Apêndice A3.5: Campo de estudo Luminotécnico – Rua do progresso.



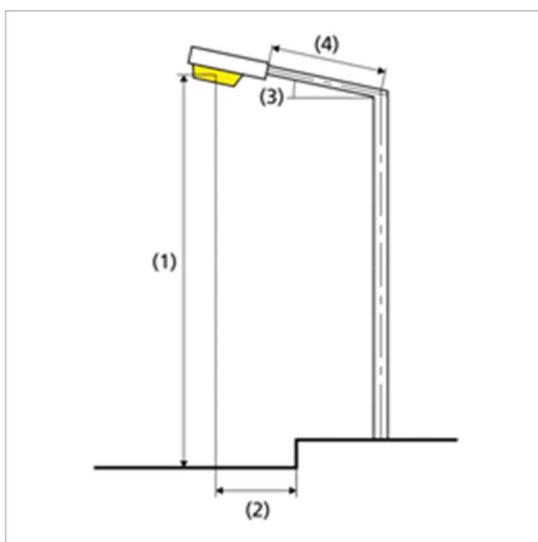


APÊNDICE 4

Apêndice A4.6: Resultado da simulação do *Software* Dialux para luminária a VSAP.

Apêndice A4.7: Resultado da simulação do *Software* Dialux para luminária LED.

Fabricante	Gewiss	P	260W
N° do artigo	GW87007	$\Phi_{Lampada}$	33200 lm
Nome do artigo	AVENUE 1 - 250W ST -V20	$\Phi_{Luminaria}$	26646 lm
		η	80,26%



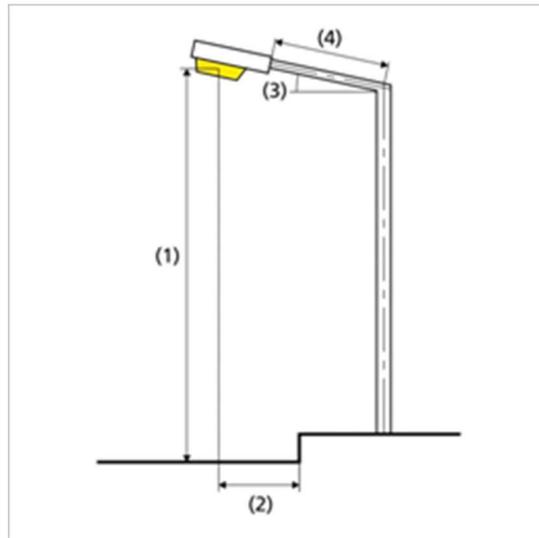
(1) Altura de ponto de luz	8,000 m
(2) Saliência de ponto de luz	0,000 m
(3) Inclinação de braço extensor	15,0°
(4) Comprimento braço extensor	0,385 m

Distância entre postes	40,000 m
------------------------	----------

Rua do Progresso (18m)	E_m	20,54 lux	[7,50 – 11,25] lux	✗
	E_{min}	3,24 lux	$\geq 1,50$ lux	✓

Rua do 4770 (4m)	E_m	35,13 lux	[7,50 – 11,25] lux	✗
	E_{min}	4,52 lux	$\geq 1,50$ lux	✓

Fabricante	Philips	P	83W
N° do artigo	BGS253 T25 1	Φ_{Lampada}	13000 lm
Nome do artigo	LED129-4S/740 DW10	$\Phi_{\text{Luminaria}}$	11410 lm
		η	87.77%



(1) Altura de ponto de luz	8,000 m
(2) Saliência de ponto de luz	0.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	10,0°
(4) Comprimento braço extensor	0,385 m

Distância entre postes	40,000 m
------------------------	----------

Rua 4770 (4m)	E_m	10,41 lux	[7,50 – 11,25] lux	✓
	E_{min}	3,01 lux	$\geq 1,50$ lux	✓

Rua do Progresso (18m)	E_m	7,67 lux	[7,50 – 11,25] lux	✓
	E_{min}	3,62 lux	$\geq 1,50$ lux	✓

APÊNDICE 5

Apêndice A5.8: Rua do progresso – Linha Isográfica de distribuição Luminosa para o campo de avaliação (Largura-18m), VSAP.

Apêndice A5.9: Rua do 4770 – Linha Isográfica de distribuição Luminosa para o campo de avaliação (Largura 4m), VSAP / LED.

Figura A5.1: Campo de avaliação – Rua do progresso – Luminária VSAP

Fonte: (Dialux, 2022)

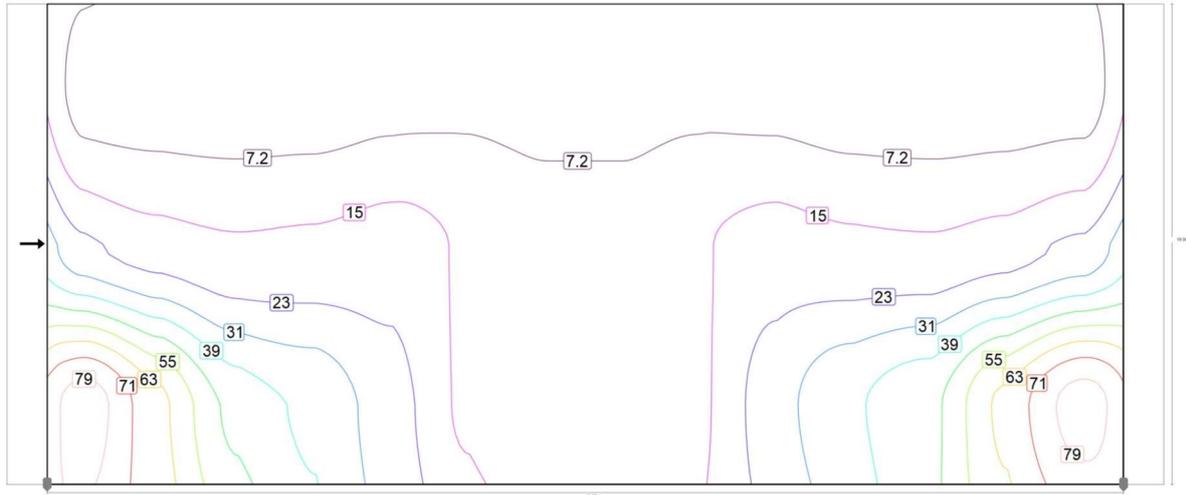


Figura A5.2: (Linhas de isolux) – Progresso – Luminária VSAP

Fonte: (Dialux, 2022)

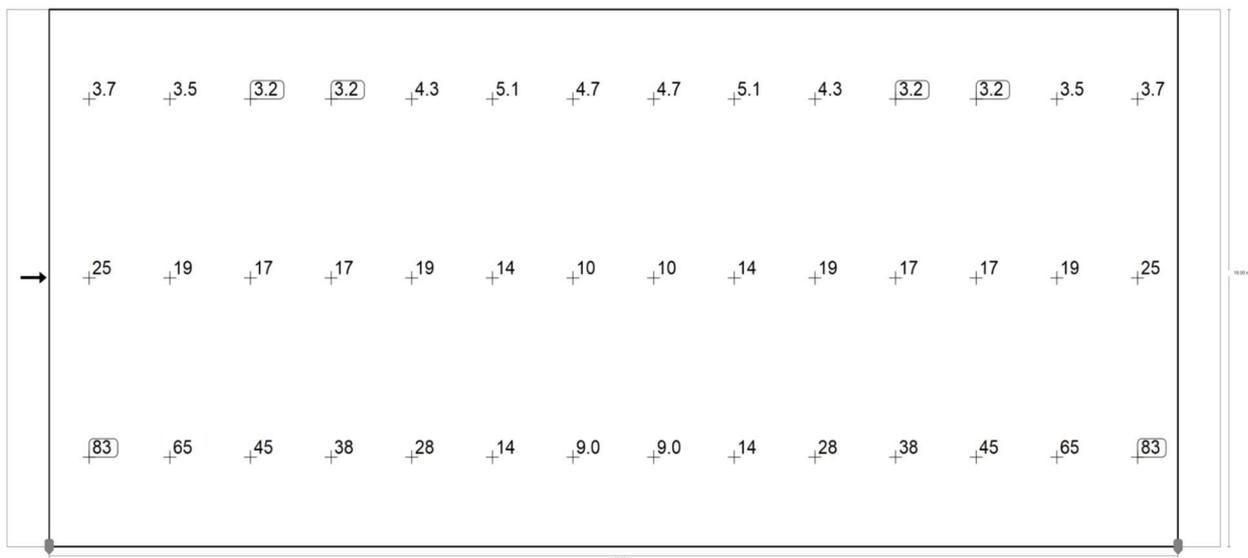


Figura A5.3: Campo de avaliação – Rua 4770 - Luminária VSAP

Fonte (Dialux, 2022)

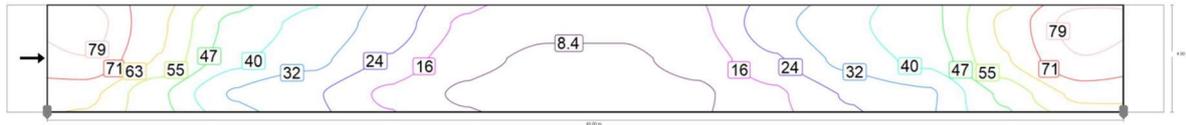


Figura A5.4: (Linhas de isolux) – Rua 4770 – Luminária VSAP

Fonte (Dialux, 2022)

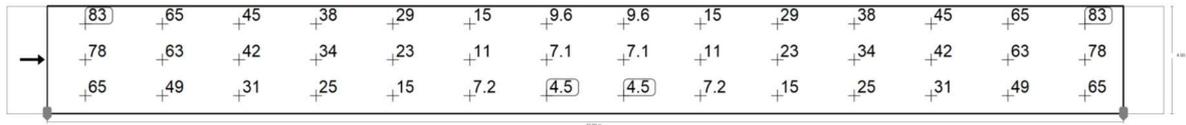


Figura A5.5: Campo de avaliação – Rua 4770 - Luminária LED

Fonte (Dialux, 2022)

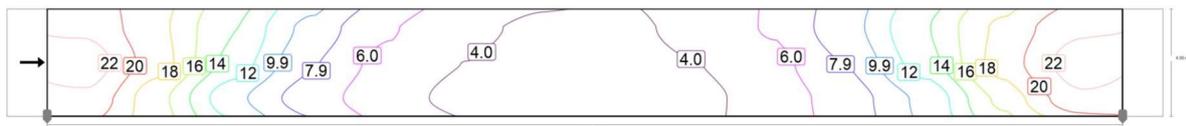
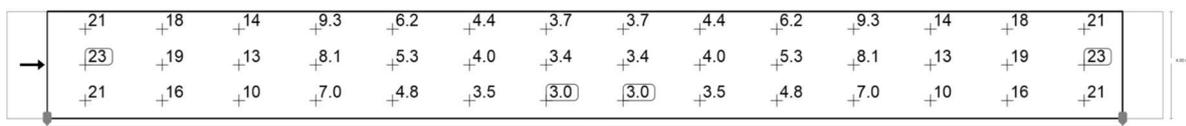


Figura A5.5: (Linhas de isolux) – Rua 4770 - Luminária LED

Fonte (Dialux, 2022)



APÊNDICE 6

Apêndice A6.8: Rua do progresso – Linha Isográfica de distribuição Luminosa para o campo de avaliação (Largura-18m), LED.

Figura A6.1: Campo de avaliação – Rua do progresso – Luminária LED

Fonte: (Dialux, 2022)

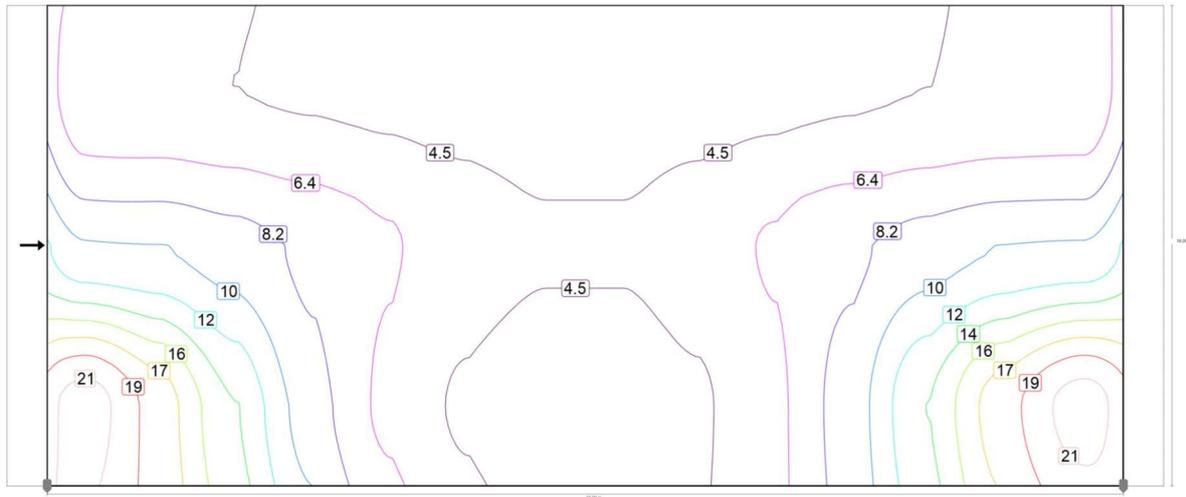
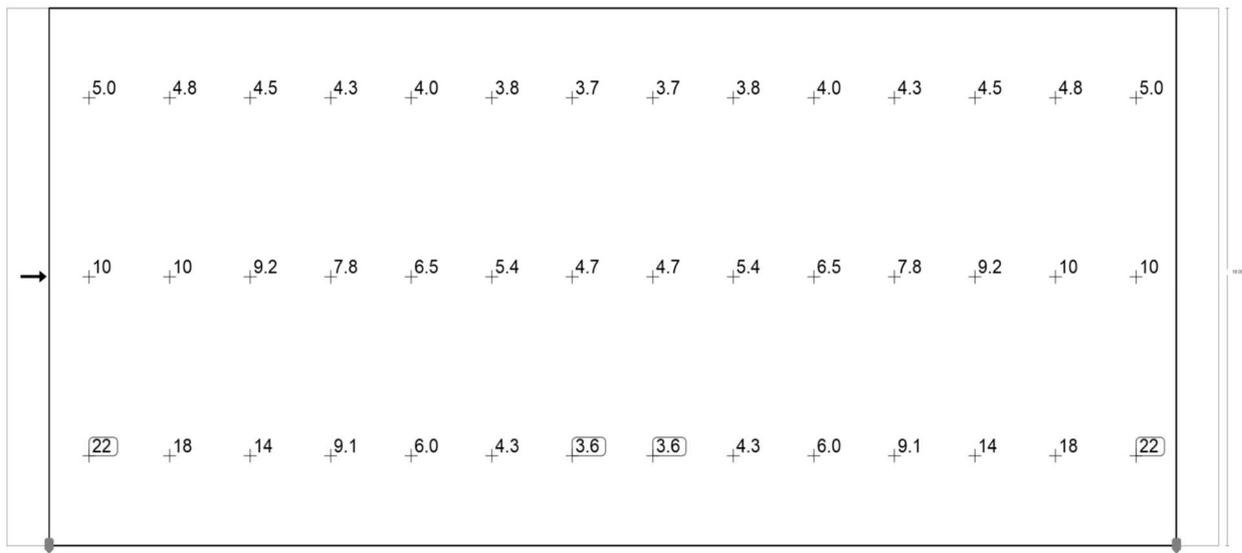


Figura A6.2: Linhas de isolux – Progresso – Luminária LED

Fonte: (Dialux, 2022)



APÊNDICE 7

Apêndice A7.11 a A7.17: **Explicação detalhada de como fazer uma simulação no software Dialux.**

TUTORIAL SIMULAÇÃO NO DIALUX

Neste apêndice, é apresentado o passo a passo básico para simular um projeto luminotécnico para iluminação pública *software* DIALux evo 10.1.

Passo 1

Com o *software* aberto, clique em Street lighting conforme Figura A7.1



Figura A7.1 – Passo 1

Fonte: (Larissa, 2020)

Passo 2

Clique no ícone sinalizado no quadro número 1 conforme a Figura A7.2. Em seguida, preencha os quadros.

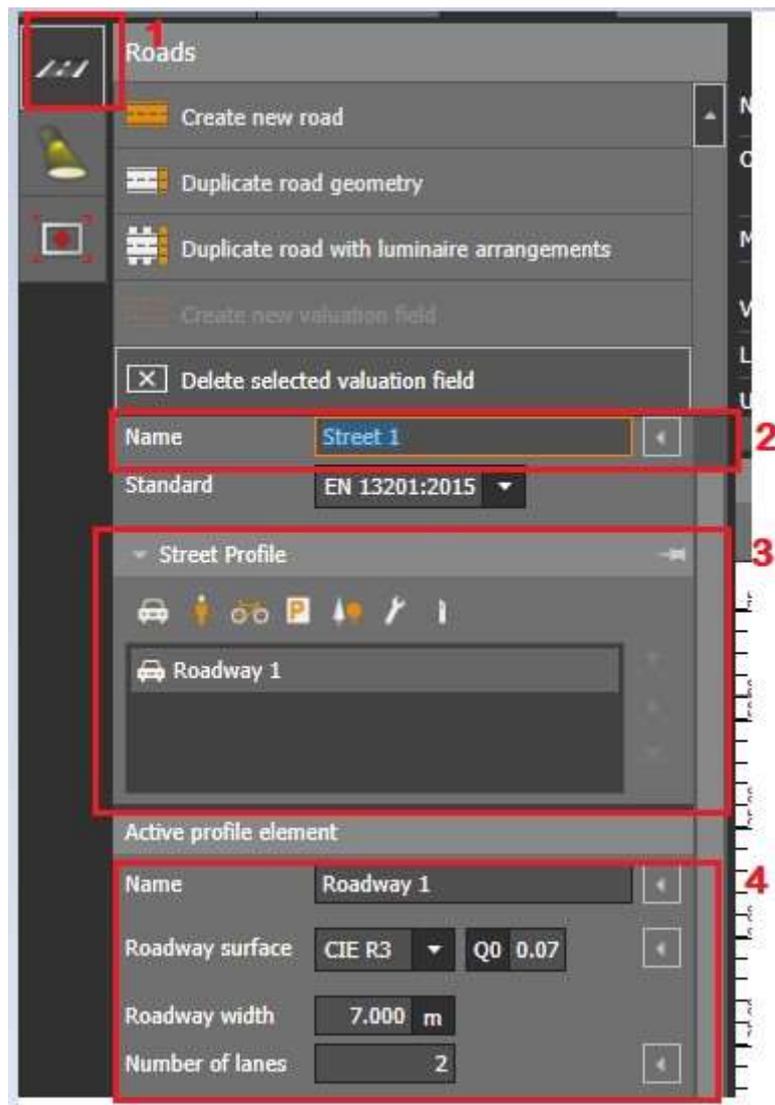


Figura A7.2 – Passo 2

Fonte: (Larissa, 2020)

Passo 3

Clique no ícone sinalizado no quadro número 1 de acordo com a Figura A7.3. se o usuário tiver acesso aos arquivos ".IES" do fabricante de luminárias, que contenha a CDL basta importar esse arquivo clicando no quadro número 2. Caso não possua esses dados, o DIALux contém catálogo de diversos fabricantes, para isso, basta clicar no quadro 3 e escolher.

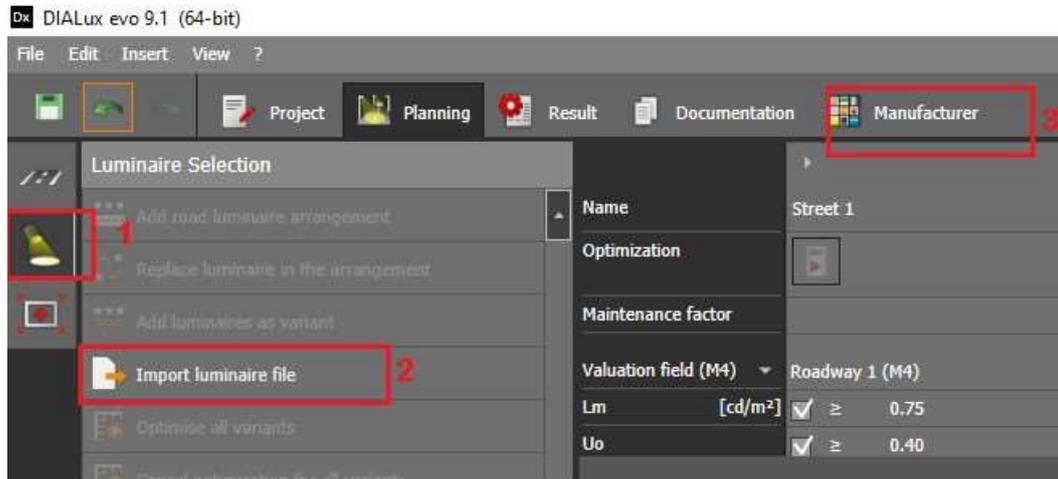


Figura A7.3 – Passo 3

Fonte: (Larissa, 2020)

Passo 4

Faça o preenchimento da seção *Luminaire arrangement*, apresentada no quadro 1 da Figura A7.4, de acordo com os dados colhidos, ou projetados. Nesse passo, deve-se definir a distribuição das luminárias, a distância entre os postes, a quantidade de luminária por poste e a posição do poste.

Passo 5

Compile os resultados e veja todos resultados clicando em *documentation* de acordo com a Figura A7.5.

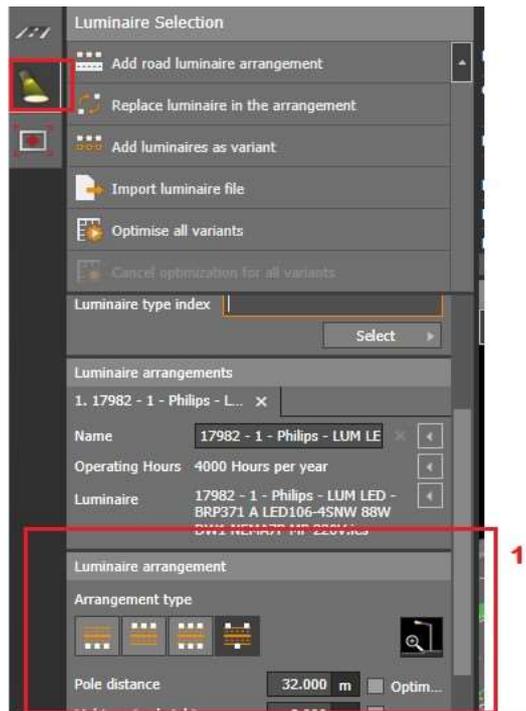


Figura A7.4 – Passo 4

Fonte: (Larissa, 2020)

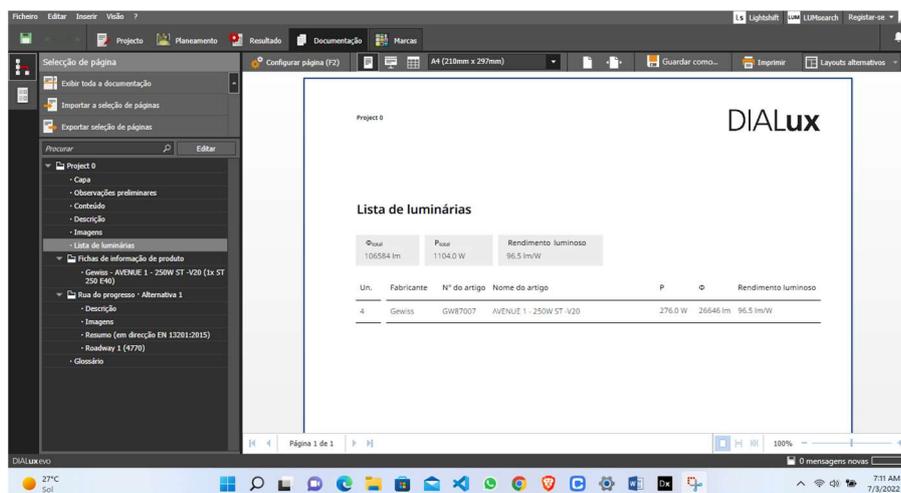


Figura A7.5 – Passo 5

Fonte: (Autor, 2022)

APÊNDICE 8

Calculo detalhado dos diferentes componentes / elementos da central fotovoltaica para o Lote Habitacional do Bairro 3 de fevereiro.

- Apêndice A8.15: Catalogo Painel fotovoltaico CanadianSolar-CS6W-540MS;
Catalogo Inversor Growatt SPF 5000TL HVM;
- Apêndice A8.16: Distribuição de painéis por inversor;
Número máximo de painéis por fileira;
Numero máximo de fileiras;
Número de fileiras para cada inversor.
- Apêndice A8.17: Dimensionamento dos interruptores DC;
Dimensionamento dos cabos de fileira;
Dimensionamento das proteções do cabo DC de fileira;
Potência de perda.
- Apêndice A8.18: Dimensionamento dos cabos principais DC;
Dimensionamento das proteções do cabo principal DC;
Potência de perda.
- Apêndice A8.19: Dimensionamento do cabo AC;
Dimensionamento das proteções do cabo AC;
Potência de perda.
- Apêndice A8.20: Dimensionamento do cabo principal AC;
Dimensionamento das proteções do cabo principal AC;
Potência de perda.
- Apêndice A8.24: Aterramento.
- Apêndice A8.25: Dimensionamento da capacidade do banco de baterias.

Dimensionamento – central 3 de fevereiro

Potencia a instalar (Kw)	42,158
--------------------------	--------

Painel fotovoltaico CanadianSolar-CS6W-540MS	
Potência nominal (W)	530
Tensão de circuito aberto (V)	48,8
Corrente de curto-circuito (A)	13,80
Tensão MPP (V)	40,9
Corrente MPP (A)	12,96
Tensão máxima admissível (V)	1500
Dimensão (mm)	2261x1134x35
Peso (Kg)	27,8

Inversor Growatt SPF 5000TL HVM	
Tensão MPP (V)	60-115
Tensão máxima DC (V)	115
Potência nominal (W)	5000
Potência máxima DC (W)	4500
Corrente máxima DC (A)	80
Frequência (HZ)	50/60
Dimensões (mm)	455x350x130
Peso (Kg)	14,5

Central Fotovoltaica	
Nº de painéis	80
Nº de inversores	8

Distribuição de painéis por inversor

Nº de painéis por inversor 5,8

$$N_{\text{Painel/inv}} = \frac{80/2}{8} = 5$$

Nº de inversores	Nº de painéis	Total
8	80/2	80

Desta forma 8 inversores estarão ligados a 80 painéis

Número máximo de painéis por fileira

$$\eta_{\text{max}} = \frac{U_{\text{MAX}}^{\text{INV}}}{U_{\text{oc}(-10)}^{\text{Painel}}} = \frac{115}{55,63} = 2$$

$$U_{\text{oc}(-10)}^{\text{Painel}} = 1,14 \times U_{\text{OC}}^{\text{STC}} = 1,14 \times 48,8 = 55,63 \text{ V}$$

Número mínimo de painéis por inversor

$$\eta_{\text{min}} = \frac{U_{\text{MPPmin}}^{\text{INV}}}{U_{\text{MPP}(70^\circ\text{C})}^{\text{Painel}}} = \frac{60}{49,2} = 1,22$$

$$U_{\text{MPP}(70^\circ\text{C})}^{\text{Painel}} = 0,82 \times U_{\text{MPP}(\text{STC})}^{\text{Painel}} = 0,82 \times 60 = 49,2 \text{ V}$$

Numero máximo de fileiras

$$N_{\text{max}}^{\text{Fileira}} \leq \frac{I_{\text{max}}^{\text{INV}}}{I_{\text{n}}^{\text{Fileira}}} \leq \frac{80}{13,80} \leq 5,80$$

Número de fileiras para cada inversor

Inversores com 80 painéis	
Nº total de painéis	80
Nº de painéis por fileira	2
Nº de fileiras	5

Tensão máxima aos terminais do inversor

$$U_{\text{oc}(-10\text{C})}^{\text{inv}} = 2 \times 55,62 = 111,264 \text{ V}$$

Tensão aos terminais do inversor a temperatura de 70°C

$$U_{MPP(70C)} = 49,2 \times 2 = 98,4V$$

Dimensionamento dos interruptores DC

A corrente será máxima para o arranjo com 80 painéis divididos por 8 inversores cada ligado a 5 fileiras com 2 painéis em serie em cada fileira desta forma o dimensionamento deste será baseado nessa corrente.

$$I_{DC} = 1,25 \times n \times I_{CC}^{PV}$$

$I_{CC}^{PV} (A)$	13,80
$I_{DC} (A)$	86,25
I_n do interruptor DC 100 A	

Dimensionamento dos cabos de fileira

$I_{FL} (A)$	12,96
$I_{CC}^{PV} (A)$	13,80
$I_{cabo} (A)$	17,25

Será de maior secção o cabo com maior comprimento

$$S_{cabo} = \frac{2 \times L_{cabo} \times I_{FL}}{0,01 \times U_{MPP} \times K} = \frac{2 \times 25 \times 12,96}{0,01 \times 115 \times 56} = 10mm^2$$

$L_{cabo} (m)$	25
$S_{cabo} mm^2$	10

Cabo escolhido		
Descrição	Secção	I_z
	mm^2	A
XV0,6/1KV – 2x10	10	98

Proteção do cabo

$$\sqrt{t} = K \times \frac{S}{I_{cc}}$$

Resistência do cabo

$$R_{40^{\circ}\text{C}} / \text{km} = 2,11 \Omega / \text{Km}$$

$$R_T = R_m + R_c$$

$$R_m = 2 \times 2,11 \times 0,025 = 0,106 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_c}{R_T} = \frac{115}{0,106} = 1090,05 \text{ A}$$

$$t = \left(K \times \frac{S}{I_{cc}} \right)^2 = \left(115 \times \frac{10}{1090,05} \right)^2 = 1,05^2 = 1,11 \text{ s}$$

Fusível

Fusíveis FNH00 aR

Fusível	
I_n	100 A
I_{nF}	105 A

Verificação de condições

$$I_n \leq I_z \leq I_{nF} \leq 1,15 \times I_z$$

$100 \leq 103,5 \leq 105 \leq 119,025$	Verifica
--	-----------------

$$I_n \geq 1,25 \times I_n^{PV}$$

$100 \geq 16,2$	Verifica
-----------------	-----------------

Potência de perdas

$$P_M = \frac{2 \times N \times L_{\text{cabo}} \times I_{FL}^2}{S_{\text{cabo}} \times K} = \frac{2 \times 1 \times 25 \times 12,96^2}{16 \times 56} = 9,37 \text{ W}$$

Inversor com 10/2 painéis	
Potência de perdas por inversor (W)	374,8
Potência de perdas do gerador por inversor (W)	46,85

Potência de perdas totais (W)	374,8
Potência da central (W)	42.158,73
Perdas %	0,889

Dimensionamento dos cabos principais DC
--

A corrente será máxima para os inversores com 5 fileiras

I_n^{FV} gerador (A)	64,8
I_{cc} gerador (A)	69
I_{cabo} (A)	86,25

$$I_{cabo} = 1,25 \times I_{cc}^{PV} = 1,25 \times 69 = 86,25A$$

$$S_{cabo} = \frac{2 \times L_{cabo} \times I_n^2}{(0,01 \times P_{FV} - P_M) \times K} = \frac{2 \times 10 \times 64,8^2}{(0,01 \times 4500) \times 56} = 33mm^2$$

Cabo escolhido		
Descrição	Secção	I_z
	mm^2	A
XAV0,6/1KV – 2x35	35	138,6

Proteção do cabo

$$\sqrt{t} = K \times \frac{S}{I_{cc}}$$

Resistência do cabo

$$R_{40^\circ C / km} = 0,61\Omega/Km$$

$$R_T = R_m + R_c$$

$$R_m = 2 \times 0,61 \times 0,025 = 0,0122\Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_c}{R_T} = \frac{115}{0,0122} = 9408,22 A$$

$$t = \left(K \times \frac{S}{I_{cc}}\right)^2 = \left(115 \times \frac{10}{9408,22}\right)^2 = 0,122^2 = 0,015s$$

Fusível	
I_n (A)	125
I_{nF} (A)	147,8

Verificação de condições

$$I_n \leq I_z \leq I_{nF} \leq 1,15 \times I_z$$

$125 \leq 138,6 \leq 147,8 \leq 159,39$	Verifica
---	-----------------

$$I_n \geq 1,25 \times I_n^{PV}$$

$100 \geq 86,25$	Verifica
------------------	-----------------

Potência de perdas

$$P_M = \frac{2 \times N \times L_{\text{cabo}} \times I_n^2}{S_{\text{caboDC}} \times K} = \frac{2 \times 1 \times 10 \times 64,8^2}{33 \times 56} = 45,44mW$$

Potência de perdas totais (w) 363,52	
Potência da central (W)	42.158,73
Perdas %	0,8622%

Dimensionamento do cabo AC

Potência máxima do inversor (W)	5000
U_n (v)	230
cos ϕ	1
I_{AC}^{Inv} (A)	21,74

$$S_{\text{caboAC}} = \frac{2 \times L_{\text{caboAC}} \times I_{nAC} \times \cos \phi}{0,03 \times U_{ns} \times K} = \frac{2 \times 10 \times 22,72 \times 1}{0,03 \times 230 \times 56} = 1,18mm^2$$

Cabo escolhido		
Descrição	Secção	I_z
	mm^2	A
XV0,6/1KV – 2x2,5 mm^2	2,5	35

Proteção do cabo

Disjuntor	
I_n (A)	25
I_{nF} (A)	33,8

Verificação de condições

$$I_s \leq I_n \leq I_z$$

$22,72 \leq 25 \leq 35$	Verifica
-------------------------	-----------------

$$I_f \leq 1,45 \times I_z$$

$33,8 \leq 50,75$	Verifica
-------------------	-----------------

Potência de perdas

$$P_{AC} = \frac{2 \times L_{caboAC} \times I_{nAC}^2 \times \cos \phi}{S_{caboAC} \times K}$$

$$P_{AC} = \frac{2 \times 10 \times 22,72^2 \times 1}{2,5 \times 56} = 67,52mw$$

Potência de perdas totais (w)	540,16
Potência da central (W)	42.158,73
Perdas %	1,28%

Dimensionamento do cabo principal AC

$$S_{caboAC} = \frac{2 \times L_{caboAC} \times I_{nAC} \times \cos \phi}{0,03 \times U_{ns} \times K} = \frac{2 \times 15 \times 173,92 \times 1}{0,01 \times 230 \times 56} = 40,51mm^2$$

Cabo escolhido		
Descrição	Secção	I_z
	mm^2	A
XV0.6/1KV – 2x50 mm^2	50	228,3

Verificação de condições

$$I_s \leq I_n \leq I_z$$

$173,92 \leq 200 \leq 228,3$	Verifica
------------------------------	-----------------

$$I_f \leq 1,45 \times I_z$$

$220 \leq 331$	Verifica
----------------	-----------------

Potência de perdas

$$P_{AC} = \frac{2 \times L_{\text{caboAC}} \times I_{nAC}^2 \times \cos \phi}{S_{\text{caboAC}} \times K}$$

$$P_{AC} = \frac{2 \times 15 \times 173,92^2 \times 1}{50 \times 56} = 324\text{mw}$$

Potência de perdas totais (w)	0.3
Potência da central (W)	42158.73
Perdas %	0,769%

Potência de perdas totais da central (W)	1227.32
Potência de perdas totais da central (%)	2,9112

Dimensionamento de terra

Para condutores Horizontais

$$R = 2 \times \frac{\rho}{L}$$

Resistividade do terreno ($\Omega \cdot m$)	280
Comprimento do condutor (m)	60
Resistência total (Ω)	9

Dimensionamento da capacidade do banco de baterias

$$C_{\min} = \frac{W_d \times \text{Autonomia}}{U_{\text{BAT}} \times PD \times \eta_{\text{BAT}} \times \eta_{\text{Reg}} \times \eta_{\text{Conv}}}$$

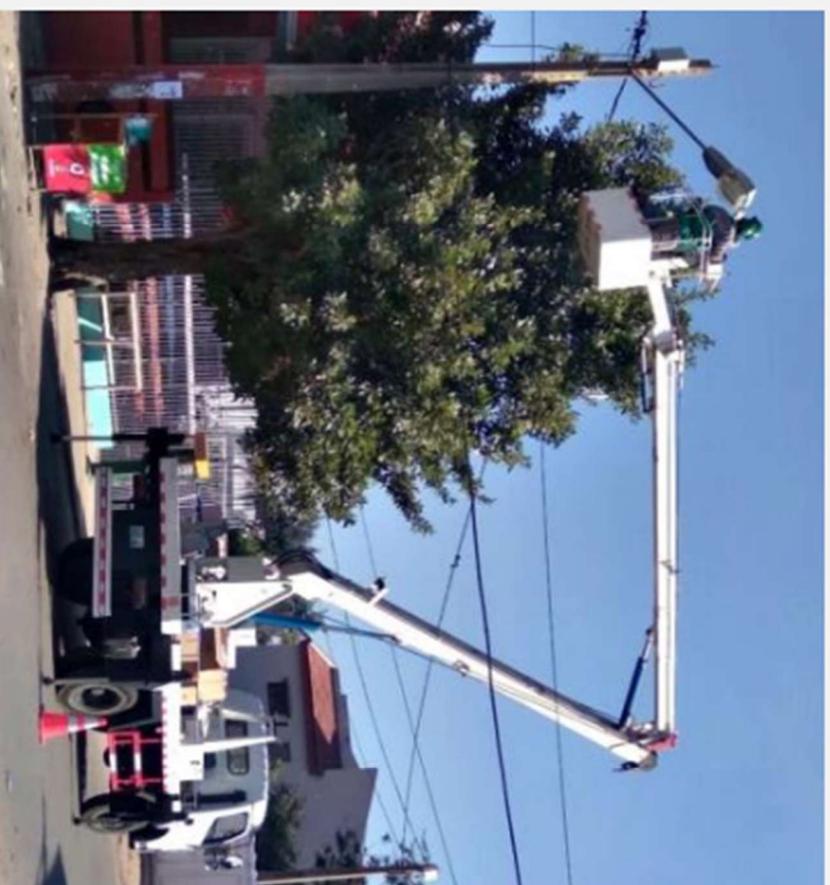
$$C_{\min} = \frac{96612 \times 3}{24 \times 0,5 \times 0,7 \times 0,97 \times 0,90} = 39523.81\text{Ah}$$

APÊNDICE 9

Noticia: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: EDM SUBSTITUI CANDEEIROS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.

Início / EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: EDM SUBSTITUI CANDEEIROS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: EDM SUBSTITUI CANDEEIROS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA



Qui, 22/07/2021 - 12:30

A Electricidade de Moçambique iniciou um programa de substituição de candeeiros de alto consumo por outros de baixo consumo (tecnologia LED) com vista a reduzir os custos de energia em iluminação pública.

Este programa de eficiência energética está orçado em um milhão de dólares e abrange os bairros das cidades de Maputo e Matola.

Nesta fase, está prevista a substituição de 3500 candeeiros de vias e bairros da Matola A, B, C, D, E e F, Fomento, Sial, Liberdade, Machava, Patrícia Lumumba, Infulele, Ndlavela, Boane, Belo Horizonte, Campoane, Djonasse, Matola Rio e Beluluane.

O projecto, ora em curso, vai permitir reduzir custos com a iluminação pública e contribuir para a redução de gastos em tesouraria. Adicionalmente, a energia que será poupada na rede vai permitir aumentar a disponibilidade para ligar mais 1000 clientes, contribuindo, assim, para o cumprimento da agenda de acesso universal, até 2030.

Para além de ser uma acção que gera mais economia, eficiência no consumo de energia e segurança, promove também a cultura do uso racional e

APÊNDICE 10

Apêndice A10.27: Esquema unifilar da central Fotovoltaica;

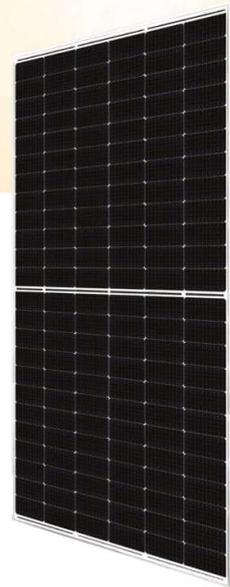
Apêndice A10.28: Esquema de comando da iluminação Pública.

ANEXOS

Anexo 1

Anexo A1.29 a A1.30: **Catálogo do Painel fotovoltaico CanadianSolar-CS6W-540MS.**

Anexo A1.31 a A1.32: **Catálogo do Inversor Growatt SPF 5000TL HVM.**



HiKu6 Mono PERC

530 W ~ 550 W
CS6W-530 | 535 | 540 | 545 | 550MS

MORE POWER

- Module power up to 550 W
Module efficiency up to 21.5 %
- Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 5.6 % lower system cost
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant
- Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*

12 Years Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship*

25 Years Linear Power Performance Warranty*

**1st year power degradation no more than 2%
Subsequent annual power degradation no more than 0.55%**

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO / MCS / UKCA
CEC listed (US California)
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716 / IEC 60068-2-68
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way



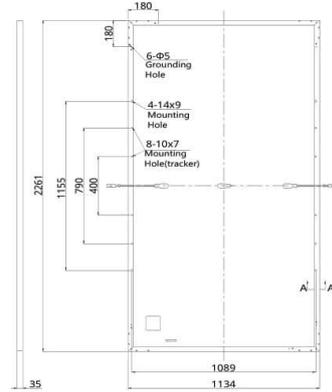
* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar photovoltaic modules, solar energy and battery storage solutions to customers. The company was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey. Over the past 20 years, it has successfully delivered over 63 GW of premium-quality solar modules across the world.

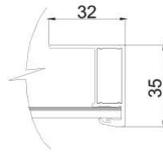
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

ENGINEERING DRAWING (mm)

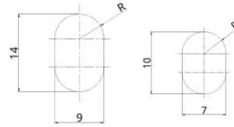
Rear View



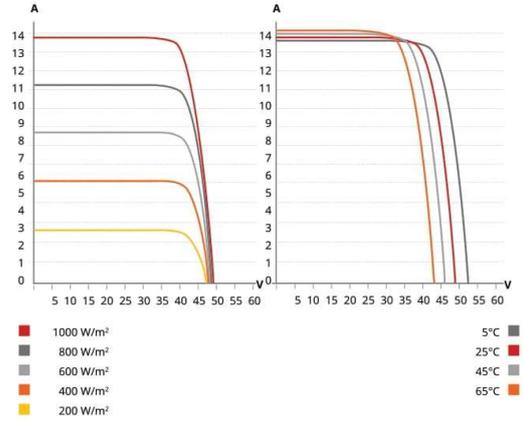
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS6W-530MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6W	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Nominal Max. Power (Pmax)	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	40.9 V	41.1 V	41.3 V	41.5 V	41.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	12.96 A	13.02 A	13.08 A	13.14 A	13.20 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.8 V	49.0 V	49.2 V	49.4 V	49.6 V
Short Circuit Current (Isc)	13.80 A	13.85 A	13.90 A	13.95 A	14.00 A
Module Efficiency	20.7%	20.9%	21.1%	21.3%	21.5%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	25 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 10 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6W	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Nominal Max. Power (Pmax)	397 W	401 W	405 W	409 W	412 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.3 V	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.38 A	10.42 A	10.47 A	10.52 A	10.55 A
Open Circuit Voltage (Voc)	46.1 V	46.3 V	46.5 V	46.7 V	46.9 V
Short Circuit Current (Isc)	11.13 A	11.17 A	11.21 A	11.25 A	11.29 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 x (12 x 6)]
Dimensions	2261 x 1134 x 35 mm (89.0 x 44.6 x 1.38 in)
Weight	27.8 kg (61.3 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass with anti-reflective coating
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	410 mm (16.1 in) (+) / 290 mm (11.4 in) (-) (supply additional jumper cable: 2 lines / Pallet) or customized length*
Connector	T4 series or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	600 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.

199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

Growatt SPF 2000~5000TL HVM

- Integrated MPPT charge controller
- Configurable grid or solar input priority
- Optional WIFI/ GPRS remote monitoring
- Parallel for scalability



CREATING TOMORROW
Growatt

www.ginverter.com

P O W E R
- I N G O
T O M O -
R R O W O

Datasheet	Growatt SPF 2000TL HVM	Growatt SPF 3000TL HVM	Growatt SPF 3000TL HVM	Growatt SPF 4000TL HVM	Growatt SPF 5000TL HVM
Battery voltage	24VDC	24VDC	48VDC	48VDC	48VDC
INVERTER OUTPUT					
RATED POWER	2000VA/ 2000W	3000VA/ 3000W	3000VA/ 3000W	4000VA/ 4000W	5000VA/ 5000W
Parallel Capability	No	No	No	Yes, 6 units	Yes, 6 units
AC Voltage Regulation (Battery Mode)	230VAC \pm 5% @ 50/60Hz	230VAC \pm 5% @ 50/60Hz	230VAC \pm 5% @ 50/60Hz	230VAC \pm 5% @ 50/60Hz	230VAC \pm 5% @ 50/60Hz
Surge Power	4000VA	6000VA	6000VA	8000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	93%	90%	93%	93%	90%
Waveform					
SOLAR CHARGER					
Maximum PV Array Power	1000W	1000W	2400W	4500W	4500W
MPPT Range @ Operating Voltage	30VDC ~ 80VDC	30VDC ~ 80VDC	60VDC ~ 115VDC	60VDC ~ 115VDC	60VDC ~ 115VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	100VDC	100VDC	145VDC	145VDC	145VDC
Maximum Solar Charge Current	40A	40A	40A	80A	80A
Maximum Efficiency	97%	97%	97%	97%	97%
Standby Power Consumption	2 W	2 W	2 W	2 W	2 W
AC CHARGER					
Charge Current	30A	30A	30A	60A	60A
AC Input Voltage	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC	230 VAC
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) ; 90-280 VAC (For Home Appliances)				
Frequency Range	50Hz/60Hz (Auto sensing)	50Hz/60Hz (Auto sensing)	50Hz/60Hz (Auto sensing)	50Hz/60Hz (Auto sensing)	50Hz/60Hz (Auto sensing)
AC BYPASS					
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers); 20 ms (For Home Appliances)				
PHYSICAL					
Dimension, D x W x H (mm)	390x315x120	390x315x120	390x315x120	455x350x130	455x350x130
Net Weight (kgs)	7	8	5	11	14.5
OPERATING ENVIRONMENT					
Humidity	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)	5% to 95% Relative Humidity(Non-condensing)
Operating Temperature	0°C ~ 55°C	0°C ~ 55°C	0°C ~ 55°C	0°C ~ 55°C	0°C ~ 55°C
Storage Temperature	-15°C ~ 60°C	-15°C ~ 60°C	-15°C ~ 60°C	-15°C ~ 60°C	-15°C ~ 60°C

Anexo 3

Anexo A3.33: **Catálogo do cabo SOLARFLEX;**

Anexo A3.34: **Curva característica dos fusíveis FNH00 aR.**

SOLARFLEX[®] -X H1Z2Z2-K

1500 V DC, EN 50618



Technical data

- Temperature range
-40°C to +90°C
max. temperature at conductor +120°C
- Nominal voltage
AC 1,0/1,0 kV
DC 1,5/1,5 kV
- Maximum permitted voltage
1,8 kV DC
- Test voltage
AC 6,5 kV
- Minimum bending radius
fixed installation 5x cable Ø

Cable structure

- Tinned copper conductor, to
DIN VDE 0295 cl.5, fine wire,
IEC 60228 cl.5
- 1. Core insulation of special
cross-linked compound
- 2. Core insulation of special
cross-linked compound
- Sheath colour: see table below

Notes

- Termite / Rodent resistant
version available on special
request.

Properties

- The special outer sheath compound offers
high abrasion resistance. It is UV stable,
Flame retardant and ozone resistant.

Tests

- Halogen-free acc. to
EN 50267, IEC 60754
- Flame retardant to IEC 60332-1-2
- Smoke density to IEC 61034

Approvals

- EN 50618: 2014
TÜV Rheinland 2 PFG 1990/05.12
TÜV R60115689
EN 60228 - EN 50395 - EN 50396
EN 60332-1-2 - EN 61034-1; -2
EN 50525-1 - EN 60216-1; -2

Application

The SOLARFLEX[®] -X is used for cabling solar modules (HD 60364-7-712). Suitable for use in fixed installations both indoors and outdoors, in walls, pipes, conduits, direct burial and similar systems. Complies with class II protection is short-circuit and earth fault proof in accordance with HD 60364-5-52.

CE = Product conforms with Low-Voltage Directive 2014/35/EU.

Part no.	No. cores x cross-sec. mm ²	Sheath colour	Outer Ø app. mm	Cop. weight kg / km	Weight app. kg / km	AWG-No.
713529	1 x 2,5	black	5,0	24,0	41,0	14
713544	1 x 2,5	blue	5,0	24,0	41,0	14
713543	1 x 2,5	red	5,0	24,0	41,0	14
713530	1 x 4	black	5,4	38,4	55,0	12
713546	1 x 4	blue	5,4	38,4	55,0	12
713545	1 x 4	red	5,4	38,4	55,0	12
713531	1 x 6	black	6,2	57,6	82,0	10
713570	1 x 6	blue	6,2	57,6	82,0	10
713569	1 x 6	red	6,2	57,6	82,0	10
713532	1 x 10	black	7,4	96,0	123,0	8
713572	1 x 10	blue	7,4	96,0	123,0	8
713571	1 x 10	red	7,4	96,0	123,0	8

Diameter tolerance according to TÜV standards

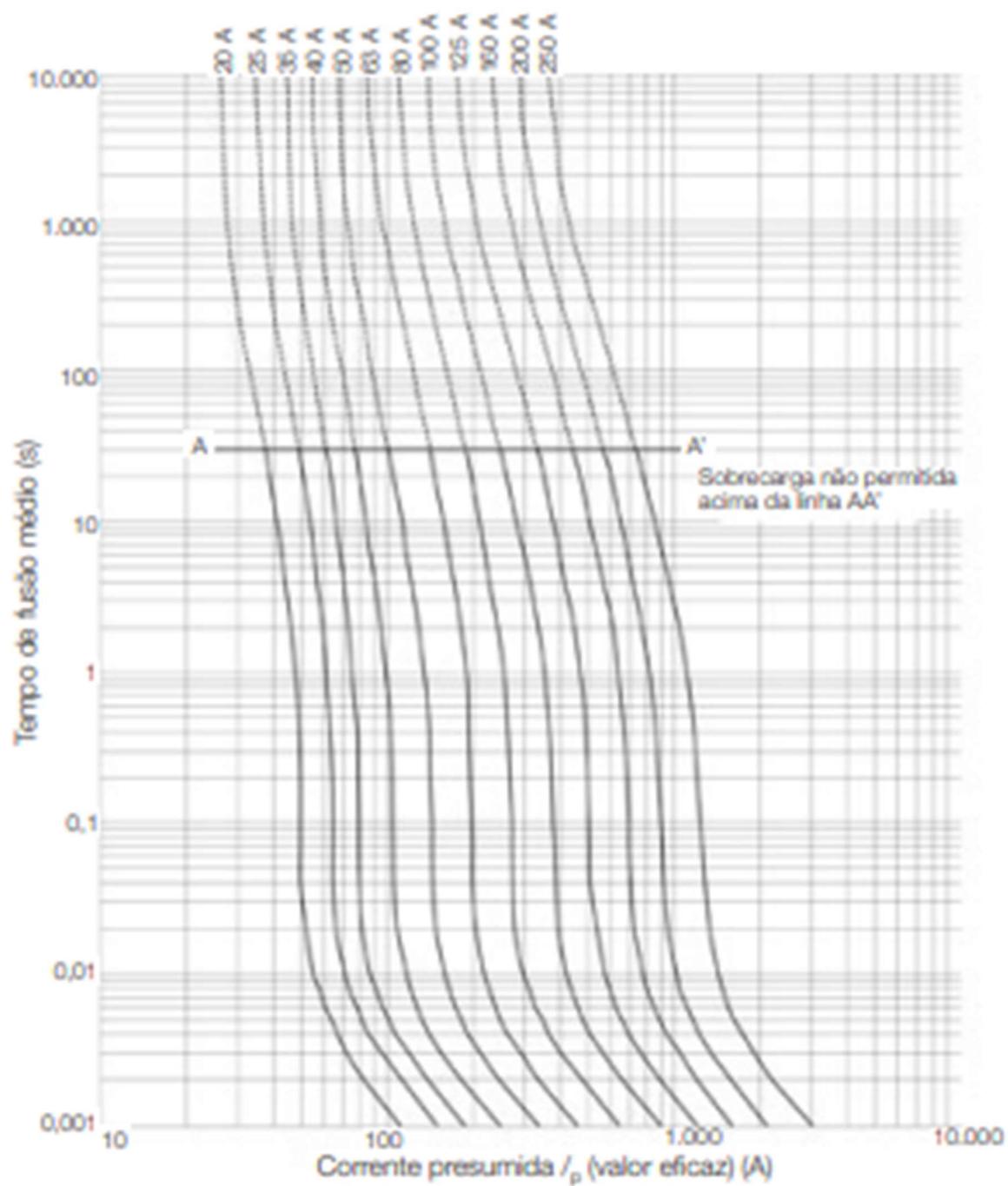
Electrical Characteristics

No. cores x cross-sec. mm ²	Current rating in open air (A)	Current rating surface installation (A)	Current rating surface installation in parallel (A)	Maximum Resistance at 20°C (Ω/km)	Reactance at 50 Hz (Ω/km)
1 x 2,5	41	39	33	8.21	
1 x 4	55	52	44	5.09	0.143
1 x 6	70	67	57	3.39	0.135
1 x 10	98	93	79	1.95	0.119

Dimensions and specifications may be changed without prior notice.



Fusíveis FNH00 aR



Anexo 4

Anexo A4.35: **Ficha de dados da luminária LED PHILIPS**

Product data sheet

LUMISTREET BGS253 T25 1 XLED129-4S/740 DW10

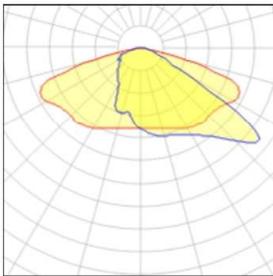
BGP213

PHILIPS



LumiStreet – elementary road range Many local authorities today have an outdated public lighting installation that urgently needs to be replaced, yet have only a limited budget available. We have the answer to their needs. With its compact design and modern LED architecture, LumiStreet is a versatile, cost-effective luminaire that fulfills basic functional road lighting requirements. It is made of high-quality components that ensure long lifetime and low maintenance cost. The result? A road lighting luminaire that provides effective illumination while at the same time cutting energy and maintenance bills. Core version design for high-volume projects at relatively low initial budget. Offer limited range of optics. Performer version design for customer who are preparing big renovation projects, TCO oriented.

Light output 1



1 x General service incandescent lamp

Nominal lamp power		LOR	88%
Lamp flux	13000 lm	Total flux	11411 lm
Luminous efficacy	137 lm/W	Total power	83 W
CCT	3000 K		
CRI	99		

Mounting mode

Ceiling mounted

Electric

System power: 83 W

Shape and measurements

Length: 20.87 in

Width: 13.90 in

Height: 3.90 in

Anexo 6

Actas de encuentros



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL09
--------------------	--------------

DATA:	18/04/22
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do TAT e discursão em torno do tema

2. PRESENÇAS

Supervisor	Engº Manuel Telles
Co-Supervisor	
Estudante	Danilson Eugénio Macita
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO

Correção do tema
Correção dos objetivos

4. RECOMENDAÇÕES

Utilizar outras fontes de energia diferente da Eólica

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	26/04/2022
-----------------------------	------------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL09
--------------------	--------------

DATA:	26/04/2022
-------	------------

7. AGENDA:

Apresentação das retificações sugeridas no tema e objetivos

8. PRESENÇAS

Supervisor	Engº Manuel Telles
Co-Supervisor	
Estudante	Danilson Eugénio Macita
Outros	

9. RESUMO DO ENCONTRO

Verificação e Validação do TAT

10. RECOMENDAÇÕES

Olhar sempre pelo custo econômico e benefícios que advém do projeto

11. OBSERVAÇÕES	
-----------------	--

12. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	12/05/2022
------------------------------	------------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL09
--------------------	--------------

DATA:	12/05/2022
-------	------------

13. AGENDA:

Revisão bibliográfica, Resultados, Análises e discussão

14. PRESENÇAS

Supervisor	Engº Manuel Telles
Co-Supervisor	
Estudante	Danilson Eugénio Macita
Outros	

15. RESUMO DO ENCONTRO

Apreciação geral de todo o trabalho feito

16. RECOMENDAÇÕES

Eliminar algumas suposições não possíveis de comprovar na prática
Acrescentar alguns elementos no orçamento
Retificar alguns aspetos relacionados com a escrita
Melhorar o resumo
Melhorar a conclusão

17. OBSERVAÇÕES	
-----------------	--

18. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	22/06/22
------------------------------	----------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL09
--------------------	--------------

DATA:	22/06/22
-------	----------

19. AGENDA:

Verificação final do relatório

20. PRESENÇAS

Supervisor	Engº Manuel Telles
Co-Supervisor	
Estudante	Danilson Eugénio Macita
Outros	

21. RESUMO DO ENCONTRO

22. RECOMENDAÇÕES

23. OBSERVAÇÕES

--	--

24. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

--	--

Anexo 7

Relatório de Progresso



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL09
---------------------	--------------

ACTV	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	26/04/22	60	Melhorar a introdução.	
	09/05/22	100	Pode avançar para bibliografia	
2	12/05/22	40	Selecionar os conceitos chaves	
	20/05/22	100	Pode avançar para parte prática	
3	26/05/22	80	Revisar os cálculos sobre dimensionamento centrais PV	
	22/06/22	100	Melhorar as análises	
4	29/06/22	90	Melhorar a conclusão e Resumo do trabalho	

Anexo 8

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: Danilson Eugénio Macita

Referência do tema: 2022ELEPPL09 Data: 07/ 03/ 2022

Título do tema: optimização da iluminação pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do bairro 3 de fevereiro

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. Objectivos	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 objectivos/ 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 correcta, 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.

Anexo 9

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Danilson Eugénio Macita

Referência do tema: 2022ELEPPL09 Data: 07/ 03/ 2022

Título do tema: optimização da iluminação pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do bairro 3 de fevereiro

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. Objectivos	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 efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

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

Anexo 10

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Danilson Eugénio Macita

Referência do tema: 2022ELEPPL09 Data: 07/ 03/ 2022

Título do tema: optimização da iluminação pública utilizando sistema fotovoltaico em um lote do bairro 3 de fevereiro

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
O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

Maputo, 27 de Julho de 2022