



FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Análise da viabilidade técnica e económica entre os
Sistemas de Geração Fotovoltaica e Gerador a Diesel para
Emergência no Novo Escritório da Nyeleti Engenharia Lda em
Mutanhane, Marracuene**

AUTOR:

Mazuze, Albino Simião

SUPERVISORES:

Eng.º José Chissico

Eng.º Fernando Chachaia, **Msc**

Maputo, Junho de 2025



FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Análise da viabilidade técnica e económica entre os
Sistemas de Geração Fotovoltaica e Gerador a Diesel para
Emergência no Novo Escritório da Nyeleti Engenharia Lda em
Mutanhane, Marracuene**

AUTOR:

Mazuze, Albino Simião

SUPERVISORES:

Eng.º José Chissico

Eng.º Fernando Chachaia, **Msc**

Maputo, Junho de 2025

DECLARAÇÃO SOB A PALAVRA DE HONRA

Eu, Albino Mazuze, declaro por minha honra, que o trabalho intitulado **Análise da viabilidade técnica e económica entre os Sistemas de Geração Fotovoltaica e Gerador a Diesel para Emergência no Novo Escritório da Nyeleti Engenharia Lda em Mutanhane, Marracuene**, que apresento para cumprimento dos requisitos necessários para aprovação na cadeira de Estágio profissional, é resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente citadas no texto e nas referências bibliográficas.

Maputo, Maio de 2025

(Albino Mazuze)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à empresa **Nyeleti Engenharia Lda**, que tem sido um pilar fundamental no meu desenvolvimento profissional e pessoal. Agradeço pelo apoio contínuo, pela confiança depositada em mim e pelas oportunidades de crescimento proporcionadas. Pela orientação, incentivo e colaboração incansáveis, que foram essenciais para a realização deste trabalho, deixo aqui o meu sincero reconhecimento e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Jeová Deus**, por me conceder a dádiva da vida, pela força, proteção e orientação espiritual ao longo desta jornada. Pela oportunidade de cursar a faculdade de Engenharia e por estar ao meu lado em cada momento, especialmente nos mais desafiadores, vai a Ele a minha mais profunda gratidão.

Aos meus **pais**, pelo amor, apoio incondicional, sacrifícios e por acreditarem no meu potencial desde o início, expresso o meu sincero agradecimento. Ao meu irmão **Geraldo Mazuze**, pelo encorajamento e apoio constante, deixo aqui também o meu muito obrigado.

Ao meu supervisor acadêmico, **Eng.º José Chissico**, pela sua orientação técnica, conselhos valiosos e constante apoio durante todo o processo, deixo o meu reconhecimento e gratidão.

Ao meu supervisor na empresa **Eng.º Fernando Chachaia**, agradeço pela orientação profissional, pela paciência, pelos ensinamentos e pela dedicação ao acompanhar de perto o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas da faculdade, por todo o companheirismo, partilha de conhecimentos, motivação mútua e pelas amizades construídas ao longo do percurso, agradeço imensamente.

Agradeço também a **mim mesmo**, por não ter desistido quando as dificuldades pareciam insuperáveis, por ter mantido a fé e a determinação até alcançar este objetivo.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que esta etapa fosse concluída com êxito, o meu muito obrigado!

Muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e económica de dois sistemas de geração de energia para situações de emergência no novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda, localizado em Mutanhane, distrito de Marracuene. A pesquisa compara um sistema de geração fotovoltaica com armazenamento de energia e um gerador a diesel, considerando um horizonte de 25 anos de operação. A metodologia adotada inclui o levantamento da carga crítica do edifício, o dimensionamento técnico de ambos os sistemas, a estimativa de custos de investimento, operação e manutenção, bem como a análise dos impactos ambientais e sociais. Para apoiar a análise qualitativa, foram realizados inquéritos junto a utilizadores de sistemas a diesel, os quais relataram que o ruído constante desses equipamentos afeta negativamente a produtividade dos colaboradores. A análise técnica abrange critérios como confiabilidade, manutenção, vida útil dos componentes, facilidade de instalação e impacto ambiental. A avaliação económica considera o custo-benefício e o custo total de propriedade ao longo do ciclo de vida dos sistemas. Os resultados apontam o sistema fotovoltaico como a solução mais eficiente, sustentável e economicamente vantajosa para a realidade local de Mutanhane, proporcionando uma significativa redução dos custos operacionais e impactos ambientais. A escolha dessa solução contribui não só para uma melhor performance energética da empresa, mas também serve como referência para projetos similares em Moçambique.

Palavras-chave: Qualidade de Energia, Aspectos Económicos, Sustentabilidade Energética, Eficiência Energética, Custos Operacionais.

ABSTRATS

This study aims to assess the technical and economic feasibility of two emergency power generation systems for the new office of Nyeleti Engenharia Lda, located in Mutanhane, Marracuene district. The research compares a photovoltaic generation system with energy storage and a diesel generator, considering a 25-year operational horizon. The adopted methodology includes identifying the critical load of the facility, technical sizing of both systems, estimation of investment, operation and maintenance costs, and an analysis of environmental and social impacts. To support the qualitative assessment, surveys were conducted with users of diesel-based systems, who reported that the continuous noise of these generators negatively affects employee productivity. The technical analysis covers aspects such as reliability, maintenance requirements, component lifespan, ease of installation, and environmental impact. The economic evaluation considers cost-benefit analysis and total cost of ownership over the systems' lifecycle. The results indicate that the photovoltaic system is the most efficient, sustainable, and economically viable solution for the local context of Mutanhane. It provides a significant reduction in operational costs and environmental impact. The recommended solution not only enhances the company's energy performance but may also serve as a reference for similar projects in Mozambique.

Keywords: *Power Quality, Economic Aspects, Energy Sustainability, Energy Efficiency, Operational Costs.*

Índice

CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1. Introdução	1
1.1. Formulação do problema.....	2
1.2. Justificativa	2
1.3. Objectivos	4
1.3.1. Objectivo geral	4
1.3.2. Objectivos específicos	4
1.4. Metodologia	4
1.5. Organização do Trabalho.....	5
CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1. GERAÇÃO DE ENERGIA EM MOÇAMBIQUE	7
2.2. Energias renováveis.....	8
2.2.1. Energia Solar	10
2.2.1.1. Energia solar Fotovoltaica	11
2.2.2. Radiação Solar	12
2.3. Recurso Solar em Moçambique	12
2.4. Sistema fotovoltaico off-grid.....	14
2.5. Componentes do Sistema Fotovoltaico	15
2.5.1. Gerador fotovoltaico.....	16
2.5.2. Inversores	17
2.5.3. Regulador de carga.....	17
2.5.4. Baterias	17
2.6 SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA A DIESEL	18

2.6.1. Motor a diesel	19
2.6.1.1. Grupo motor gerador	19
2.6.2. Componentes de um motor a diesel	21
2.6.3. Funcionamento do motor diesel.....	24
2.6.4. Principais definições	25
2.6.4. Regime de uso do gerador	26
CAPÍTULO III: PROJECCÃO DOS GERADORES.....	28
3.1. DIMENSIONAMENTO DO GERADOR FOTOVOLTAICO	28
3.1.1. Levantamento da Demanda e Consumo de Energia Eléctrica	29
3.1.2. Dimensionamento da geração (painéis fotovoltaicos).....	30
3.1.3. Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos.....	31
3.1.4. Orientação dos módulos fotovoltaicos	34
3.1.5. Dimensionamento do banco de baterias	35
3.1.5.1. Cálculo da Capacidade do Banco de Baterias	35
3.1.6. Dimensionamento do controlador de carga	38
3.1.7. Dimensionamento do inversor.....	39
3.1.8. Cabos do circuito de geração (painéis fotovoltaicos)	40
3.1.10. Dimensionamento dos Dispositivos de Protecção.....	42
3.1.14. Disjuntores do lado AC (saída dos inversores)	44
3.1.15. Dispositivo de Protecção contra Surtos de Tensão (DPS).....	44
3.2. DIMENSIONAMENTO DO GERADOR DIESEL	46
3.2.1. Protecção do gerador	47
3.2.2. Protecção do grupo gerador (Aterramento)	48
3.2.3. Dimensionamento do cabo alimentador	48
CAPÍTULO IV: MAPA DE QUANTIDADES E ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS	49
4.1. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS	49

4.1.1. Características dos Sistemas de Geração	50
4.1.1.1. Gerador a Diesel (150 kVA)	50
4.1.1.2. Sistema Fotovoltaico Off-Grid	51
4.1.2. Análise Técnica e de Custo Operacional	52
4.1.2.1. Custo Operacional do Gerador a Diesel.....	52
4.1.2.2. Custo Operacional do Sistema Fotovoltaico.....	53
4.1.3. Comparação de Custo Total ao Longo de 25 Anos.....	54
CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
5.1. Conclusões.....	58
5.2. Recomendações.....	59
5.3. Bibliografia	61
Anexos	Erro! Marcador não definido.

Listas de símbolos

AC → Alternating Current (Corrente Alternada)

CdTe → Células de Telureto de Cádmio

CIS → Células de disseleneto de cobre-índio

DC → Direct Current (Corrente Contínua)

DPS → Dispositivo de Protecção contra Surtos de tensão

EDM → Electricidade De Moçambique

FV → Fotovoltaico

FUNAE → Fundo Nacional de Energia

MPP → Maximum Power Point (Ponto de Máxima Potência)

PSH → Peak Solar Hours (Horas de Pico Solar)

PVGIS → Photovoltaic Geographical Information System - Sistema de Informação Geográfica Fotovoltaica

RSIUEE → Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica

VAC → Tensão em corrente alternada

VDC → Tensão em corrente contínua

STC → Standard Test Conditions (Condições Padrões de Teste)

ATS → Interruptor de Transferência Automática

IZ → Corrente máxima admissível

kVA → Kilo Volt Ampere

$\cos\phi$ → Factor de potência da instalação

$\hat{C}_{BB}$ → Capacidade do banco

$E_{armazenada}$ → Energia armazenada pelo banco de baterias

E_{load} → Energia diária consumida pelas cargas

$E_{autonomia}$ → Energia necessária nos dias de autonomia

G → Irradiância

I_{ctl} → Corrente máxima do controlador

I_m → Corrente do painel

I_{MPP} → Corrente a máxima potência dos módulos fotovoltaicos

I_{sc} → Corrente de curto-circuito do módulo/painel fotovoltaico

K_t → Coeficiente térmico do módulo

L → Comprimento

η_{bat} → Eficiência da bateria

η_{inv} → Eficiência do inversor

β_{Voc} → Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto

$\beta_{V_{mp}}$ → Coeficiente de variação da tensão de máxima potência com a temperatura

$N_{b,s}$ → Número de baterias em série

$N_{b,p}$ → Número de baterias em paralelo

$N_{b,total}$ → Número total de baterias

$N_{c,p}$ → Número de controladores em paralelo

$N_{m,s}$ → Número de módulos em série

$N_{m,p}$ → Número de fileiras em paralelo

$N_{m,total}$ → Número total de módulos

P_d → Profundidade de descarga da bateria

P_m → Potência do painel fotovoltaico

P_{mod} → Potência nominal do módulo

$PMPP$ → Potência nominal do módulo

S → Secção

T_{amb} → Temperatura ambiente

GMG → Grupo Motor Gerador

T_{max} → Temperatura máxima

T_{min} → Temperatura mínima

V_{banco} → Tensão do banco de baterias

$V_{bateria}$ → Tensão de cada bateria

V_{cmax} → Tensão máxima de operação do controlador de carga

V_{mp} → Tensão de máxima potência

V_{mpTmax} → Tensão de máxima potência dos módulos a temperatura máxima

V_{oc} → Tensão de circuito aberto

V_{sist} → Tensão de circuito aberto

Σ → Resistividade

ΔU → Queda de tensão

Lista de figuras

Figura 1: Capacidade total instalada actual e quanto corresponde a cada fonte em comparação com o que o Plano Quinquenal em Moçambique / Fonte: EDM, 2022.....	8
Figura 2: Tecnologias fotovoltaicas Fonte: Adaptado de www.exsolar.co.za	12
Figura 3: Identificação dos projectos fotovoltaicos prioritários por província / Fonte: FUNAE-ATLAS, 2013.....	13
Figura 4: Grupo motor gerador Caterpillar. Fonte: (Caterpillar, 2013).....	20
Figura 5: Partes de um motor diesel. Fonte: (VARELLA e SANTOS, 2010).	22
Figura 6: Partes de um motor a diesel, cabeçote. Fonte: (VARELLA e SANTOS, 2010)	23
Figura 7: Partes de um motor a diesel, bloco dos cilindros. Fonte: (VARELLA e SANTOS 2010).....	24
Figura 8: Motor Diesel Cummins, modelo 6CT8.3, visto em corte. Fonte: (PEREIRA, 2015)	25
Figura 9: Eland Cables H1Z2Z2-K. Fonte SOLAR ENERGY, 2022	41
Figura 10: Disjuntor AC. Fonte Schneider, 2022.	43
Figura 11: ATS. Fonte Schneider, 2022.	46

Lista de tabelas

Tabela 1: Dados de irradiação e temperatura / Fonte: PVGIS, 2020	28
Tabela 2: Resultado do dimensionamento dos módulos fotovoltaicos / Fonte: Autor.....	34
Tabela 3: Resultado do dimensionamento de o banco de baterias / Fonte: Autor.....	38
Tabela 4: Resultado do dimensionamento dos disjuntores e cabos / Fonte: Autor.....	41

Tabela 5: Tarifa de electricidade para grandes consumidores de baixa, media e alta tensão/ Fonte: EDM, 2022	50
Tabela 6: Custo de operação total e diferença dois totais / Fonte: Autor	54

CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Introdução

No contexto actual de crescente procura por soluções energéticas sustentáveis e eficientes, a escolha de um sistema adequado para fornecer energia eléctrica às instalações comerciais e industriais é fundamental. Este estudo propõe uma análise comparativa entre sistemas de geração de energia fotovoltaica e geradores a diesel, com foco na aplicação específica para o novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda, situado em Mutanhane, Marracuene. A análise abrange aspectos técnicos e económicos, com o objectivo de identificar a alternativa mais viável para garantir o fornecimento de energia em situações de emergência.

Pode-se produzir energia eléctrica de formas distintas, dependendo de recursos usados. Tais recursos encontram-se divididos em dois tipos: fontes fósseis e fontes renováveis.

A energia fotovoltaica proveniente de fontes renováveis, tem-se consolidado como uma opção cada vez mais viável para ambientes comerciais, oferecendo benefícios significativos em termos de sustentabilidade e redução de custos operacionais a longo prazo. Por outro lado, os geradores a diesel, embora tradicionalmente utilizados para geração de energia em situações de emergência, apresentam desafios relacionados com o custo do combustível, as emissões de gases poluentes e a necessidade de manutenção constante.

Neste contexto, é fundamental compreender a viabilidade de cada sistema, tendo em consideração as condições climáticas da região de Marracuene, as exigências de consumo energético da Nyeleti Engenharia e os custos iniciais e operacionais envolvidos. A partir desta análise, será possível recomendar a solução mais eficiente e economicamente viável para garantir a continuidade das operações da empresa, mesmo em caso de falhas no fornecimento de energia eléctrica da rede pública.

1.1. Formulação do problema

Com o crescimento da demanda por energia elétrica e a crescente preocupação com a sustentabilidade, muitas empresas têm buscado alternativas viáveis para garantir o fornecimento de energia em situações de emergência. No contexto moçambicano, particularmente em zonas periféricas como Mutanhane, distrito de Marracuene, os cortes no fornecimento de energia elétrica representam um desafio frequente para o funcionamento contínuo de escritórios e instalações empresariais. A Nyeleti Engenharia Lda, situada em Mutanhane, Marracuene, esta enfrenta o desafio de garantir uma fonte de energia fiável, eficiente e económica para o seu novo escritório, especialmente em situações de emergência, quando o fornecimento de energia eléctrica da rede pública é interrompido. Para isso, a empresa está a considerar duas alternativas de sistemas de geração de energia: o sistema fotovoltaico, baseado em fontes renováveis, e os geradores a diesel, tradicionalmente utilizados em situações de emergência.

O problema consiste em determinar qual das duas soluções – fotovoltaica ou a diesel – é mais adequada, tendo em conta as especificidades do novo escritório da empresa, nomeadamente as condições climáticas da região, os requisitos de consumo energético e os custos associados tanto à implementação inicial como à operação contínua.

Deste modo, a questão central que orienta este estudo é: *qual é a solução mais viável, em termos técnicos e económicos, para garantir o fornecimento de energia de emergência no novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda, considerando as condições locais e as necessidades operacionais da empresa?* A análise deve abordar não só os custos iniciais de instalação, mas também os custos operacionais a longo prazo e a eficiência dos sistemas.

1.2. Justificativa

A disponibilidade e continuidade do fornecimento de energia elétrica são fatores essenciais para o funcionamento eficiente de escritórios e instalações empresariais. Em Moçambique, especialmente em áreas periurbanas como Mutanhane,

no distrito de Marracuene, os cortes frequentes de energia representam um desafio significativo para empresas que dependem de sistemas eletrónicos e tecnológicos no seu dia a dia.

A escolha de uma solução energética adequada para o novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda em Mutanhane, Marracuene, é de extrema importância, não só para garantir a continuidade das operações da empresa em caso de falha no fornecimento da rede eléctrica, mas também para assegurar a viabilidade económica. A interrupção do fornecimento de energia eléctrica pode ter um impacto negativo significativo nas actividades da empresa, desde a perda de dados importantes até à interrupção de processos críticos, afectando, por conseguinte, a produtividade e a reputação da organização.

Neste contexto, a escolha entre um sistema fotovoltaico e um gerador a diesel deve ser cuidadosamente avaliada. O sistema fotovoltaico, por ser baseado em uma fonte de energia renovável, tem o potencial de reduzir os custos operacionais a longo prazo. Além disso, a energia solar tem uma oferta abundante em regiões como Marracuene, onde a radiação solar é alta durante grande parte do ano.

Por outro lado, os geradores a diesel são uma solução tradicionalmente utilizada em situações de emergência, mas apresentam desvantagens como elevados custos operacionais devido ao preço dos combustíveis e a necessidade de manutenção constante. Embora a opção a diesel seja mais imediata e possa ser implementada rapidamente, os custos recorrentes associados ao combustível e a manutenção podem tornar esta solução menos viável a longo prazo, especialmente em um cenário de elevado consumo de energia.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral

Analisar a viabilidade técnica e económica entre os Sistemas de Geração Fotovoltaica e Gerador a Diesel para Emergência no Novo Escritório da Nyeleti Engenharia Lda em Mutanhane, Marracuene.

1.3.2. Objectivos específicos

- Dimensionar um sistema fotovoltaico com autonomia de 2 dias para o novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda;
- Dimensionar um sistema de geração a Diesel para satisfazer a energia consumida pelo novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda;
- Estudar a viabilidade técnica e económica dos dois sistemas num período de 25 anos.

1.4. Metodologia

Para alcançar os objectivos acima mencionados, será adoptada uma metodologia de natureza aplicada, com abordagem quantitativa e de carácter descritivo, comparativo e exploratório, desenvolvida por meio de um estudo de caso. A investigação será centrada na análise da viabilidade técnica e económica de dois sistemas de geração de energia de emergência, sistema fotovoltaico com armazenamento em baterias e gerador a diesel, no contexto do novo escritório da empresa Nyeleti Engenharia Lda, localizado em Mutanhane, distrito de Marracuene.

A pesquisa será desenvolvida em três etapas principais:

a. Levantamento de dados técnicos e operacionais

- Serão identificadas as necessidades energéticas do novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda em Mutanhane, com base no levantamento do consumo médio diário por estimativa, carga crítica e tempo estimado de autonomia para emergências.

- Serão coletadas informações técnicas dos equipamentos disponíveis no mercado, como painéis solares, baterias, inversores, e geradores a diesel, incluindo potências, eficiência, ciclos de vida e requisitos de manutenção.

b. Análise económica

- Serão estimados os custos de investimento inicial (CAPEX), custos operacionais e de manutenção (OPEX), consumo de combustível (no caso do gerador), e tempo de vida útil de cada sistema.

c. Avaliação de viabilidade

- Será feita uma análise comparativa entre os dois sistemas, com base em indicadores de desempenho técnico (confiabilidade, manutenção, tempo de resposta) e económico (payback, custo total em 25 anos).
- A avaliação considerará também aspectos ambientais e de sustentabilidade, como emissões de ruído.

Os dados utilizados serão obtidos por meio de pesquisa documental e consulta a fornecedores locais, normas técnicas, catálogos de fabricantes e ferramentas de simulação energética como o software **PVGIS** (Photovoltaic Geographical Information System – Sistema de Informação Geográfica Fotovoltaica), uma ferramenta reconhecida internacionalmente que fornece informações sobre **radiação solar** e **desempenho de sistemas fotovoltaicos** para qualquer local na Europa, África, e grande parte da Ásia e América.

1.5. Organização do Trabalho

O trabalho está organizado em cinco capítulos, nomeadamente:

CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, faz-se uma breve apresentação do trabalho, incluindo a introdução, a

formulação do problema, a justificativa da escolha do tema, os objetivos do trabalho e a respetiva metodologia utilizada para a sua realização.

CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

Esta secção apresenta os fundamentos teóricos relacionados com o trabalho a ser desenvolvido.

CAPÍTULO III: PROJEÇÃO DOS GERADORES

Constitui a base do projeto, onde são apresentados os cálculos realizados no dimensionamento dos componentes dos sistemas, sendo o mesmo descrito de forma pormenorizada.

CAPÍTULO IV: MAPA DE QUANTIDADES E ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

Neste capítulo, será ilustrada a planilha de quantidades e medidas, a estimativa de custos de mão de obra e a estimativa do custo total da obra

CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS

São apresentadas as conclusões relativas ao trabalho desenvolvido, bem como recomendações para estudos e/ou projetos futuros.

CAPÍTULO VI: ANEXOS

São ilustrados os esquemas do projeto, os catálogos consultados, bem como algumas especificações técnicas relevantes ao projeto em causa.

CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

2.1. GERAÇÃO DE ENERGIA EM MOÇAMBIQUE

A produção de energia eléctrica em Moçambique registou um crescimento contínuo nos últimos cinco anos, passando de 18.759 GWh em 2019 para 19.753 GWh em 2023. Este aumento de 5,3% foi impulsionado principalmente pela geração a partir de fontes renováveis, com as centrais hídricas a contribuírem com 82,7% do total de electricidade gerada em 2023. Segundo o relatório “Indicadores Básicos de Energia, Gás e Petróleo 2023 as energias renováveis constituem cerca de 83% da matriz eléctrica moçambicana. (INE, 2023)

Estima-se que Moçambique atingiu uma capacidade total instalada de 2,799 MW no final de 2022, dos quais 78% correspondem a energia hidroeléctrica, 16% a gás, 4% a óleo combustível pesado (HFO), e 2% a solar. A capacidade instalada corresponde a 39% da EDM e 18% do PIE. As projecções para 2030 do Plano Quinquenal do Governo, mostram um aumento esperado da capacidade total instalada para 6,320 MW.

A energia hidroeléctrica é a fonte de electricidade dominante com 2,189 MW, 78% do cabaz energético total, seguida de 442 MW de gás (16%), 108 MW de óleo combustível pesado (HFO) (4%) e 60 MW de energia solar (2%) (2022). (EDM,2022)

A imagem seguinte mostra a capacidade total instalada actual e quanto corresponde a cada fonte em comparação com o que o Plano Quinquenal do Governo prevê para 2030.

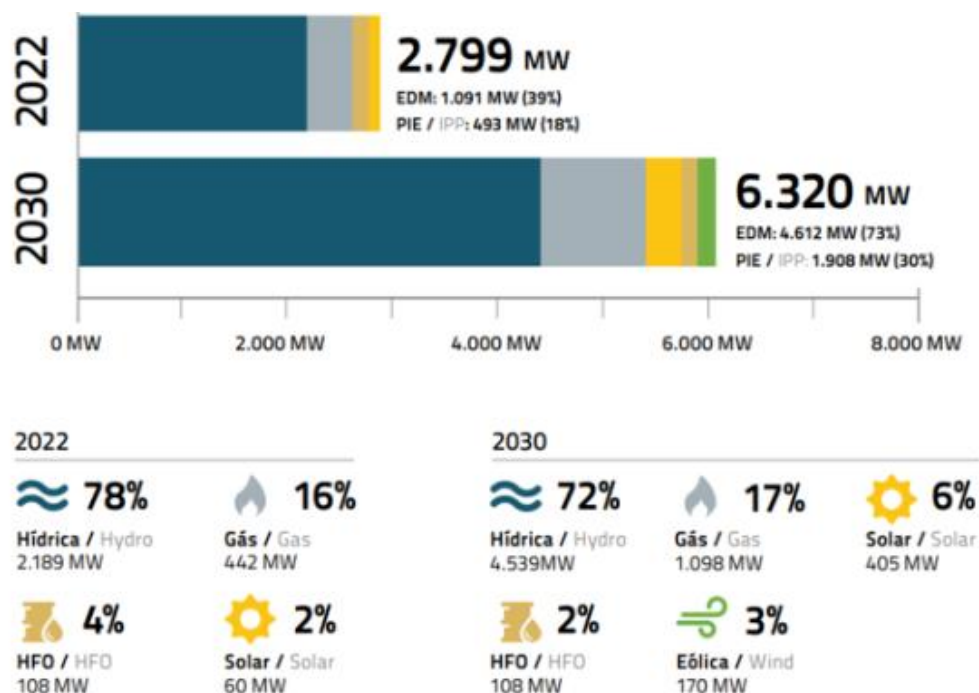


Figura 1: Capacidade total instalada actual e quanto corresponde a cada fonte em comparação com o que o Plano Quinquenal em Moçambique / Fonte: EDM, 2022

2.2. Energias renováveis

Energia renovável é aquela que vem de recursos **ou** fontes de energia **que são naturalmente reabastecidos**, como sol, vento, chuva, marés e energia geotérmica. As fontes de energia renovável são as que conseguem se renovar, ou seja, **não se esgotam**, pois estão em constante **regeneração**. Toda forma de energia é fruto de transformação de um estado para outro e sua origem é sempre a natureza. A diferença entre as designadas renováveis e não renováveis é o tempo e o processo pelo qual são industrializadas para o uso humano. É importante notar que nem todo recurso natural é renovável, por exemplo, o urânio, carvão e petróleo são retirados da natureza, porém existem em quantidade limitada.

Também chamadas de energias **limpas, alternativas, ecológicas e sustentáveis**, as energias renováveis atendem à vários aspectos importantes da gestão económica e ambiental da sociedade contemporânea, que precisam ser compatibilizados. (Portal de Educação Ambiental,2021)

Os tipos de energia renovável existentes no mundo e que são mais usados actualmente são:

Energia Solar, obtida a partir da luz do Sol, considerada uma fonte inesgotável pela captação os raios ultravioletas e infravermelhos transformados em energia térmica e eléctrica.

Energia Eólica é a gerada a partir do vento. São as turbinas de aerogeradores que transformam a energia do vento em energia eléctrica.

Energia Mare-motriz que se consegue produzir a partir das ondas e marés dos oceanos. Este é considerado um meio de energia bastante caro para ser implantado em larga escala.

Energia Hidroeléctrica cuja fonte vem das águas. As usinas hidroeléctricas utilizam a força das águas para accionar turbinas que ajudam a produzir electricidade. Esta é a principal fonte de energia renovável existente em Moçambique, devido a sua grande quantidade e volume de rios.

Energia Geotérmica é gerada a partir do elevado calor que existe abaixo da crosta terrestre, sendo que as temperaturas podem chegar aos 5.000 graus Celsius. A usina geotérmica utiliza o calor da Terra. Pode ser usada de três maneiras: em reservatórios geotérmicos, com aproveitamento de fluidos geotérmicos ou com uso da água termal.

Energia de Biomassa (bioenergia) é aquela gerada a partir da decomposição de resíduos orgânicos de origem animal e vegetal. O “combustível” extraído deste processo é o gás metano. Ela pode ser utilizada para gerar calor, electricidade ou biocombustíveis. Até a energia quimicamente armazenada na biomassa é considerada bioenergia.

2.2.1. Resíduos Sólidos

Dentre as **biomassas**, como fonte de transformação de energia, os Resíduos Sólidos, em particular os resíduos sólidos urbanos, que chamamos de lixo, são um insulo de grande importância para a gestão sócio ambiental por atenderem simultaneamente a dois sectores, o controle da poluição ambiental e a produção de energia. o excesso de lixo seja um problema (Moçambique produz 11.500 mil toneladas de (lixo) por dia), seu manejo, se devidamente administrado, pode se transformar em solução. O gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos pode conservar e gerar energia.

2.2.3. Energia Solar

A energia proveniente do sol é tão elevada que é emitida para os planetas do sistema solar através de ondas de radiação, as quais emitem energia térmica e luminosa, e quanto mais próximo o planeta estiver do sol mais energia receberá (HELEBROCK, 2019). Existem diversas maneiras de se converter a energia solar e uma delas é através do efeito fotovoltaico que ocorre em dispositivos que são chamados de células fotovoltaicas.

A energia solar corresponde à energia proveniente da luz e do calor emitidos pelo Sol. Essa fonte de energia pode ser aproveitada de forma fotovoltaica ou térmica, gerando energia eléctrica e térmica, respectivamente.

2.2.3.1. Energia solar Fotovoltaica

É a designação que se dá ao processo de conversão de energia solar em energia eléctrica, feita através de células solares integradas em módulos ou painéis fotovoltaicos. Em Moçambique a disponibilidade da energia solar abrange todo território nacional.

As principais tecnologias aplicadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são classificadas em três gerações:

A primeira geração feita à base de silício monocristalino, amorfo ou policristalino, estes representam mais de 80% do mercado por ser considerada uma tecnologia consolidada e confiável, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível no mercado.

A segunda geração, comercialmente denominada de filmes finos, é dividida em três cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cadmio (CdTe). Esta geração apresenta menor eficiência do que a primeira e tem uma modesta participação do mercado, competindo com a tecnologia c-Si. Existem dificuldades associadas a disponibilidade do material, vida útil, rendimento das células e, no caso do cadmio, sua toxicidade, que retardam a sua utilização em maior escala.

A terceira geração, ainda em fase de pesquisa e Desenvolvimento (P&D), testes e produção em pequena escala, é dividido em três cadeias produtivas: células fotovoltaicas multijunção e células fotovoltaicas para concentração (CPV-Concentrated Photovoltaics), células sensibilizadas por corante (DSSC-Dye-Sensitized Solar Cell) e células orgânicas ou poliméricas (OPV-Organic Photovoltaics). A tecnologia CPV, por exemplo, demonstrou ter um potencial para produção de modelos com altas eficiências, embora o seu custo ainda não seja competitivo com as tecnologias que actualmente dominam o mercado.

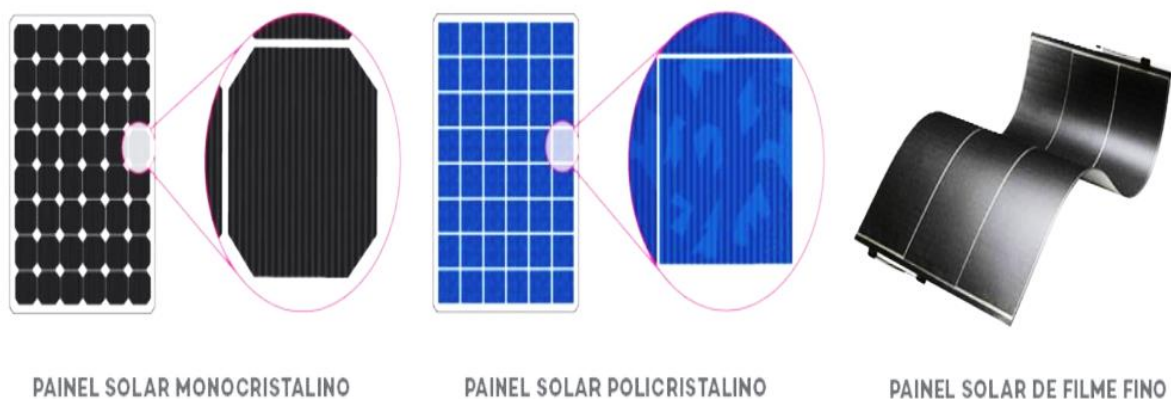


Figura 2: Tecnologias fotovoltaicas Fonte: Adaptado de www.exsolar.co.za

2.2.4. Radiação Solar

A radiação solar é a energia emitida pelo Sol, que se propaga em todas as direcções através do espaço por meio de ondas electromagnéticas.

Segundo Pereira & De Oliveira (2015), quando incidente em qualquer receptor, a radiação solar pode ser dividida em três principais componentes:

- Radiação directa: representa todos os raios solares que são recebidos pelo receptor quando em linha recta com sol, ou seja, a que incide directamente na superfície;
- Radiação difusa: diz respeito à luz solar recebida de forma indirecta, ou seja, que é proveniente da difracção nas nuvens, nevoeiro, poeiras suspensas na atmosfera, assim como de outros obstáculos atmosféricos;
- Radiação reflectida no albedo: refere-se à radiação que é proveniente do solo e com origem na reflexão da radiação incidente em nuvens e na superfície terrestre. O termo albedo traduz-se como a razão entre a radiação reflectida e a incidente.

2.3. Recurso Solar em Moçambique

A energia solar é o principal recurso renovável de Moçambique. A irradiação global no país varia entre 1.785 e 2.206 kWh/m²/ano, o que se traduz num potencial estimado em

23.000 GW. Este recurso é bastante abundante e consistente em grande parte do país, com as Províncias de Tete, Niassa, Nampula, Cabo Delgado e Zambézia a serem as que apresentam maior irradiação, conforme pode ser visualizado na Figura 3. (FUNAE-ATLAS, 2013).

No Atlas foram identificados e estudados 189 locais com possibilidade de implementar projectos solares ligados à rede. Em cada subestação de energia existente e com base na respectiva potência de curto-circuito foram seleccionados e identificados 43 projectos prioritários, equivalentes a 599 MW. Estes projectos prioritários estão maioritariamente concentrados nas Províncias de Maputo, Tete, Zambézia e Manica.

A escolha maioritária da Província de Maputo para projectos prioritários, apesar do recurso não ser tão abundante, deve-se à proximidade do principal centro de consumo do país (cidade de Maputo e Matola) e aos baixos custos associados à montagem, instalação e ligação à rede.

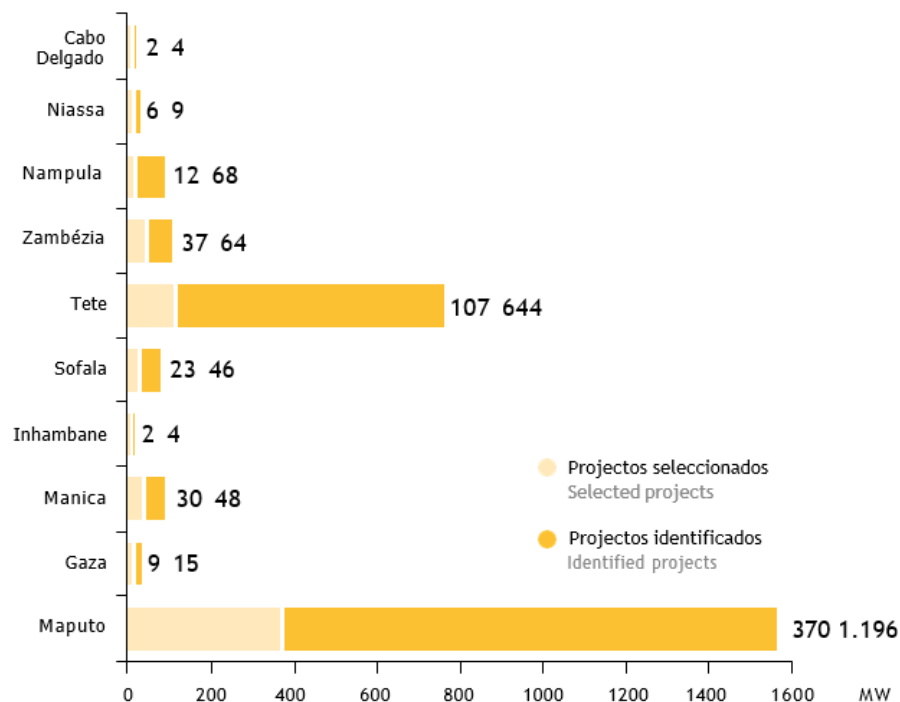


Figura 3: Identificação dos projectos fotovoltaicos prioritários por província / Fonte: FUNAE-ATLAS, 2013

O aproveitamento da energia solar no país surgiu como meio complementar para suprir a procura de energia dos serviços públicos, como escolas, centros de saúde, edifícios do Estado, e da população nas áreas rurais sem acesso à rede eléctrica nacional. A eficiência e eficácia dos sistemas solares, associados à redução dos custos da tecnologia, à rapidez de implementação dos projectos e à simplicidade de funcionamento dos sistemas, fizeram com que os projectos solares se tornassem na melhor opção de produção descentralizada e electrificação rural. (Arthur et al., 2011; De Castro, 2014 apud ALER, 2017)

No que concerne a grandes projectos executados, Moçambique dispõe de duas grandes centrais fotovoltaicas: Central Solar de Metoro e Central Solar de Mocuba.

A Central de Metoro, localizada na Província de Cabo Delgado, possui uma capacidade de 41 MW com uma produção anual de electricidade de 68 GWh.

A Central de Mocuba, localizada na Província de Zambézia, tem a capacidade instalada de 40 MW e produz anualmente 79 GWh.

2.5. Sistema fotovoltaico off-grid

São sistemas que não dependem da rede eléctrica convencional para funcionar, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição eléctrica. Existem dois tipos de autónomos: com armazenamento e sem armazenamento.

O primeiro pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos eléctricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis. No sistema isolado, a geração de energia renovável utiliza armazenamento de energia eléctrica como forma de suprimento, quando a rede convencional de energia é inacessível. (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Por outro lado, o segundo, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade económica, já que não utiliza instrumentos para o armazenamento de energia. São tecnologias capazes de atender essa necessidade de consumo local, pois são económicas para pequenas unidades, tendo um bom consumo e rápida resposta às mudanças na demanda de consumo de energia. ROHIT,

RANGNEKAR, 2017).

A configuração do sistema off-grid segue a maioria das especificações de um sistema ligado à rede, tendo algumas diferenças como, por exemplo, os controladores de carga e os sistemas de armazenamento de energia. Já os módulos fotovoltaicos e os inversores são utilizações comuns em ambos os sistemas.

Um sistema fotovoltaico off-grid tem, basicamente, a seguinte estrutura:

- **Conjunto de placas solares fotovoltaicas:** faz a captação da radiação solar e a converte em energia eléctrica;
- **Sistema de armazenamento:** faz o armazenamento da energia eléctrica convertida, permitindo a sua utilização a qualquer momento;
- **Controlador de carga:** dispositivo electroeletrónico que faz o gerenciamento de carga do sistema de armazenamento;
- **Inversor de Tensão:** é o componente responsável pela transformação da corrente contínua gerada pelas placas solares e armazenada nas baterias em corrente alternada, possibilitando a utilização da energia eléctrica em equipamentos feitos para operar ligados à rede eléctrica.

A corrente do controlador de carga deve ser igual ou superior à corrente máxima dos painéis fotovoltaicos, adicionando 25% como factor de segurança, caso o painel receba radiação superior a 1000 W/m².(VIDYANANDAN, 2017).

2.5. Componentes do Sistema Fotovoltaico

Como pretende-se desenvolver neste trabalho um sistema fotovoltaico autónomo (*off-grid*) os componentes a serem tratados nesta secção são próprios deste tipo de sistema.

Segundo De Ovelha (2017), um sistema autónomo típico é feito dos seguintes componentes:

- Gerador fotovoltaico (um ou vários módulos fotovoltaicos);

- Regulador de carga;
- Inversor;
- Baterias.

2.5.1. Gerador fotovoltaico

A energia fotovoltaica diz respeito à tecnologia que gera potência eléctrica em corrente contínua (DC), medida em Watts, a partir de materiais semicondutores, quando estes são iluminados por fotões. Enquanto incidir luz suficiente na célula solar é gerada potência eléctrica.

Como foi referido, as células solares são construídas a base de materiais semicondutores, que têm electrões ligados de forma fraca que ocupam uma faixa energética chamada banda de valência. No caso de ser exercida sob um electrão de valência uma energia superior a certo limite – energia de intervalo de banda – as ligações são quebradas e o electrão encontra-se livre para se deslocar até uma nova camada de energia chamada camada de condução, onde se torna possível a condução de electricidade através do material. Assim, os electrões livres na banda de condução são separados da banda de valência pelo intervalo de banda (medidos em unidades de electrão de volts V, ou e V). Essa energia necessária para a libertação do electrão pode ser fornecida por fotões, que são partículas de luz. Assim, de forma geral, quando as células solares se encontram expostas à luz solar, os fotões atingem os electrões da banda de valência, quebrando as suas ligações e encaminhando-os para a camada de condução. Nesta camada, um contacto selectivo, que faz a colecção dos electrões, encaminha os electrões para um circuito externo.

Para aplicações práticas, um painel/módulo fotovoltaico diz respeito a um grande número de células fotovoltaicas ligadas e encapsuladas, sendo este o produto final vendido ao consumidor. Dado que estes produzem electricidade em corrente contínua (DC), e que os aparelhos electrónicos trabalham em corrente alternada (AC), é necessária a introdução de um inversor para fazer esta conversão.

2.5.2. Inversores

Os inversores são dispositivos utilizados para fazer a ligação entre o gerador fotovoltaico e a carga AC dos equipamentos ou a rede. Têm o objectivo de converter o sinal eléctrico DC proveniente do gerador fotovoltaico num sinal AC, sendo que, numa fase posterior, ajusta o sinal para a frequência e nível de tensão da rede à qual está ligado.

2.5.3. Regulador de carga

Nas instalações fotovoltaicas e também nas eólicas autónomas, a função do regulador é a de proteger os acumuladores contra sobrecargas. O regulador também impede que a bateria continue a receber carga do painel solar uma vez que este tenha alcançado a sua carga máxima, o que previne que a bateria se venha a deteriorar por meio de gaseificação ou aquecimento, o que encurtaria muitíssimo a sua vida útil. (Luque & Hegedus, 2003 apud De Ovelha, 2017)

Outra função do regulador é prevenir a bateria contra descargas profundas, com o objectivo de evitar que se esgote o seu excesso de carga, provocando uma diminuição da sua capacidade. Para além desta função, um regulador de carga assegura o funcionamento de um sistema no ponto de máxima eficiência.

2.5.4. Baterias

Para sistemas FV desligados da rede, os sistemas de armazenamento de energia tornam-se importantes para compensar os períodos sem radiação solar suficiente (por exemplo, durante a noite ou em dias nublados). Neste contexto, recorre-se normalmente a baterias de ácido de chumbo. Existem também baterias de níquel-cádmio, hidreto metálico e de iões de lítio.

Pereira & De Oliveira (2017) afirmam que para caracterizar uma bateria, é necessário ter em conta alguns factores, entre eles a sua tensão, densidade e energia específica, rendimento energético, capacidade (quantidade máxima de energia eléctrica que a bateria pode fornecer durante o seu processo de descarga e até a descarga estar

completa), auto-descarga (percentagem de descarga da bateria mesmo quando não é utilizada), ciclos de vida (número de vezes que bateria pode carregar/descarregar durante a sua vida útil) e profundidade de descarga.

2.6 SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA A DIESEL

Grupo Diesel-gerador é um conjunto de motor Diesel e gerador de corrente alternada, convenientemente montado, composto por componentes de supervisão e controle necessários para um funcionamento autónomo e destinado ao suprimento de energia eléctrica produzida a partir do consumo de óleo Diesel (PEREIRA, 2011). Grupo Motor Gerador (GMG) é um equipamento que possui um motor alimentado a Diesel, gasolina ou gás, acoplado a um gerador e montado sobre base metálica, com accionamento manual ou automático. O equipamento combina um motor eléctrico que pode ser síncrono ou de indução. De forma alternativa, pode-se utilizar um motor principal de combustão interna, assim como um gerador eléctrico de corrente alternada ou corrente contínua, com seus eixos mecanicamente acoplados.

O uso de um motor eléctrico permite a conversão de tensão ou frequência de uma fonte de energia eléctrica disponível em outra frequência ou tensão desejada no lado da carga (EL-HAWARY; ECKELS, 2014).

O motor do conjunto é seleccionado para funcionar a partir da fonte de alimentação disponível; os geradores são projectados para fornecer a tensão ou frequência de saída desejada.

Microusinas geradoras a Diesel usam combustível Diesel para gerar electricidade. O combustível Diesel é usado para operar o motor Diesel que converte a energia contida no combustível Diesel em energia mecânica. Dentro do gerador existem bobinas de fio. A energia mecânica força o movimento de cargas eléctricas encontradas nessas bobinas de fio. Esse movimento cria electricidade. Dentro de uma usina a Diesel, o gerador usa

energia mecânica para causar o fluxo de electrões, mas, na verdade, não "cria" a electricidade. O movimento dos electrões produz electricidade (REIS, 2004).

2.6.1. Motor a diesel

É definido como o conjunto de motor (Diesel, Gasolina ou Gás Natural) e gerador eléctrico, devidamente acoplados sobre uma base metálica (GALDINO, 2011). O motor a diesel (ou outro combustível fóssil) transforma a energia química de combustão do óleo diesel em energia mecânica e o gerador eléctrico acoplado, recebe essa energia mecânica e transforma em energia eléctrica, gerando uma tensão contínua (PERREIRA, 2018).

Para Silva (2017), podemos destacar algumas partes importantes de um sistema de grupo geradores como:

2.6.1.1. Grupo motor gerador

Painel de transferência - onde se encontram os disjuntores que conectam os barramentos dos grupos geradores ao barramento das cargas; Sistema de controle é responsável pelo accionamento e monitoramento dos grupos geradores, assim como realizar o paralelismo entre eles e também com a rede da concessionária caso necessário. O sistema de controlo também realiza as manobras de transferência de carga.

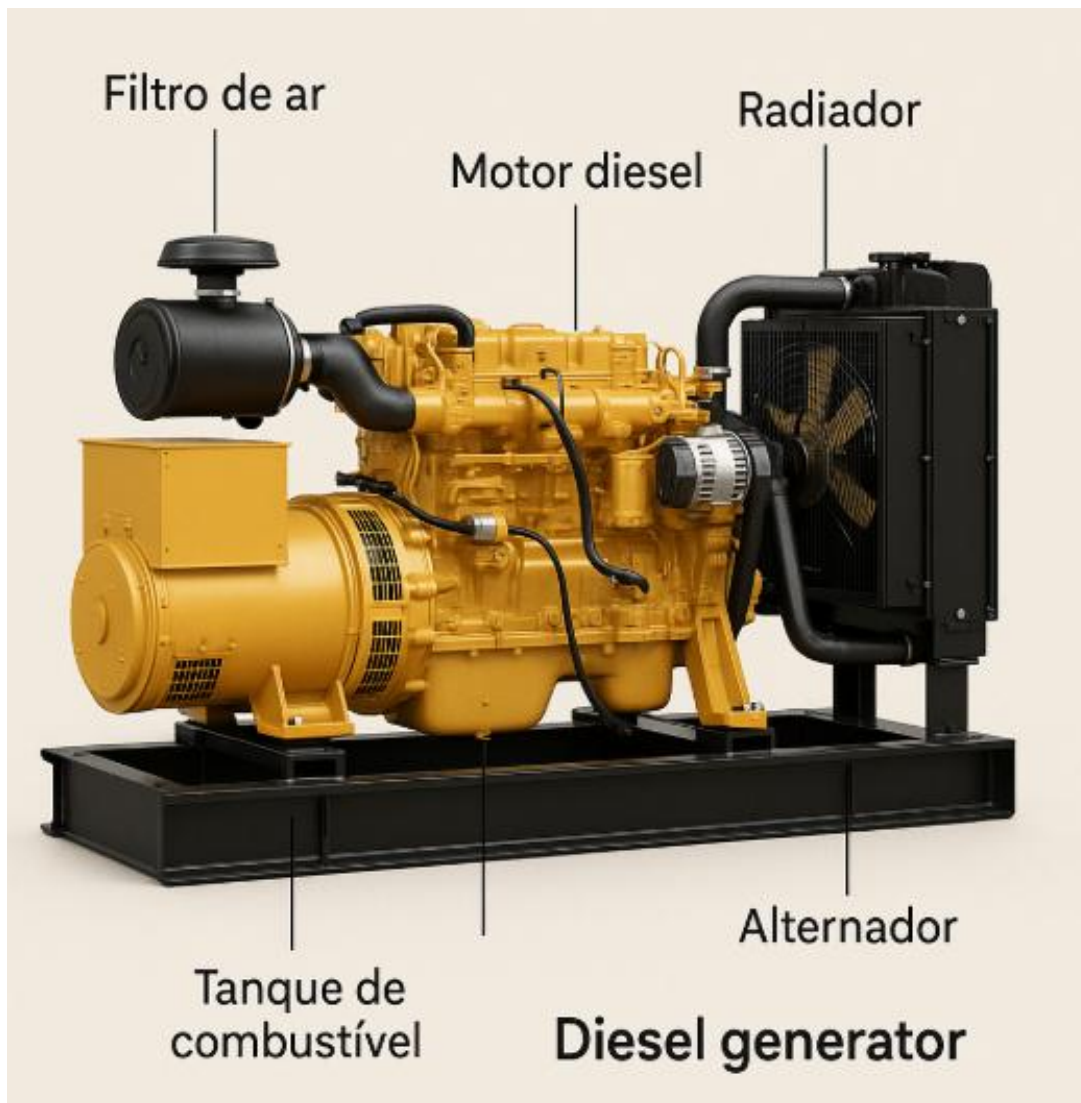


Figura 4: Grupo motor gerador Caterpillar. Fonte: (Caterpillar, 2013)

O motor a diesel tem algumas vantagens sobre os motores de ignição (gasolina e álcool) como: maior vida útil, maior rendimento, com redução no consumo de combustível (devido à taxa de compressão mais elevada, que resulta em maior conversão de energia calorífica em mecânica) e menores custos de manutenção (HADDAD et al 2001).

Seu funcionamento é baseado no ciclo teórico diesel. Esses motores têm sua ignição por compressão, diferente dos motores que obedecem ao ciclo Otto que é por centelha. Após o ar ser comprimido no interior dos cilindros, recebe o combustível sob

pressão superior a aquela em que o ar se encontra. A combustão ocorre por auto-ignição, quando o combustível entra em contacto com o ar aquecido pela pressão elevada. O combustível que é injectado ao final da compressão do ar na maioria dos motores do ciclo diesel é o óleo diesel comercial, porém outros combustíveis podem ser utilizados quando realizada certa modificação específica (PEREIRA, 2015).

2.6.2. Componentes de um motor a diesel

O motor a diesel é composto de um mecanismo capaz de transformar os movimentos alternativos dos pistões em movimento rotativo da árvore de manivelas, através da qual

se transmite energia mecânica aos equipamentos accionados, como por exemplo um gerador de corrente alternada (DOMSCHKE e GARCIA, 1968). Os componentes do motor são:

- Cabeça;
- Bloco;
- Cárter;
- Válvulas;
- Árvore de Cames;
- Cambota;
- Pistão;
- Biela.

Segundo (SILVA, 2017), os motores de combustão interna apresentam três principais partes: cabeçote, bloco e cárter. conforme ilustrado na figura 4.

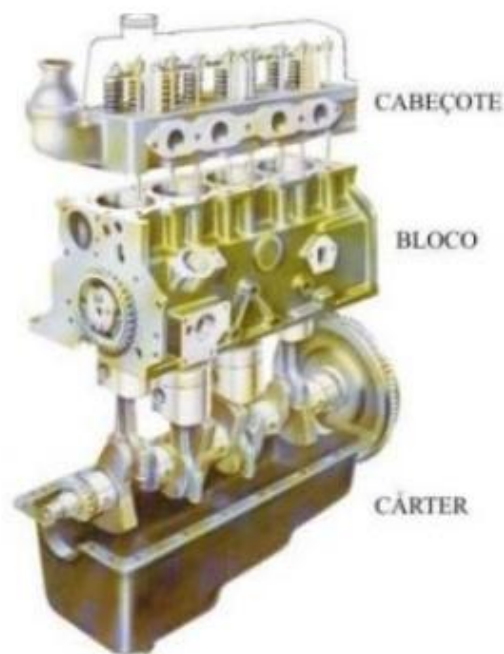


Figura 5: Partes de um motor diesel. Fonte: (VARELLA e SANTOS, 2010).

2.6.2.1. Cabeçotes

São usados para "tampar" os cilindros e acomodam os mecanismos das válvulas de admissão e exaustão, como também bicos injectores e canais de circulação do líquido de arrefecimento. Dependendo do tipo de construção do motor, os cabeçotes podem ser individuais, ou múltiplos, quando um mesmo cabeçote cobre mais de um cilindro (VARELLA e SANTOS, 20).

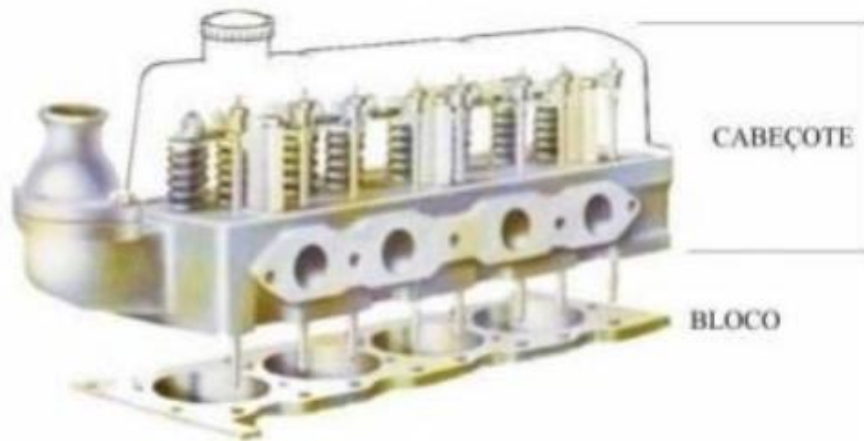


Figura 6: Partes de um motor a diesel, cabeçote. Fonte: (VARELLA e SANTOS, 2010)

2.6.2.2. Bloco de cilindros

Para (DOMSCHKE e GARCIA, 1968), bloco de cilindros é onde se alojam os conjuntos de cilindros, compostos pelos pistões com anéis de segmento, camisas, bielas, árvores de manivelas (virabrequim) e de comando de válvulas, com seus mancais e buchas. Define-se a seguir alguns termos referentes a peças componentes do bloco: O cilindro é a parte fixa de formato cilíndrico, usinada no bloco ou em camisas removíveis, onde o pistão se desloca. O pistão recebe directamente o impulso da combustão e o transmite à biela. A biela é a peça móvel que transmite o movimento alternativo dos pistões ao virabrequim. O virabrequim transforma o movimento alternativo nos pistões em movimento de rotação contínua, que é transmitido ao volante. O volante tem a função de armazenar energia durante os tempos de trabalho, para “ajudar” o motor a vencer a inércia nos tempos não motores (admissão, compressão e escape). Quanto maior for o número de cilindros do motor, menor a influência e contribuição do volante.

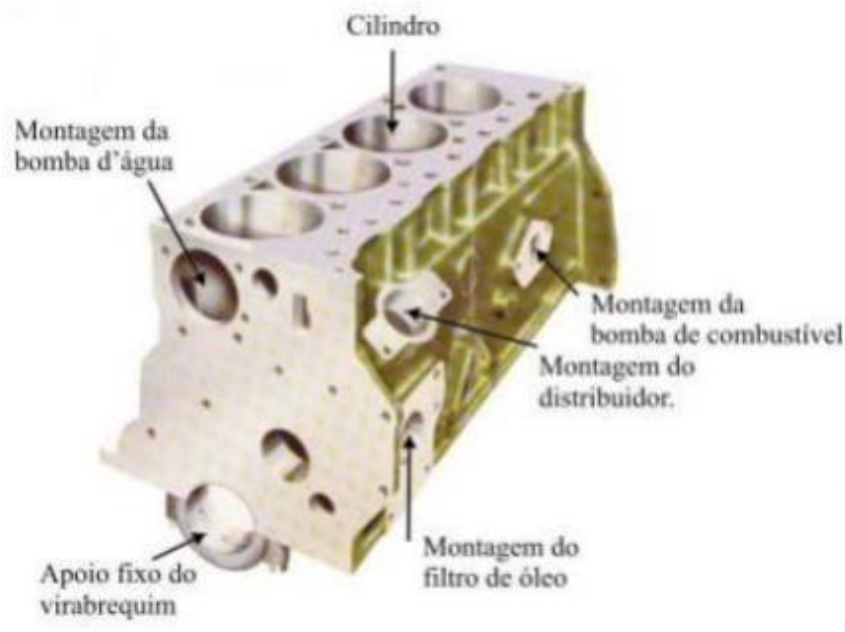


Figura 7:Partes de um motor a diesel, bloco dos cilindros. Fonte: (VARELLA e SANTOS 2010).

2.6.2.3. Cáster

É o reservatório de óleo lubrificante, utilizado pelo sistema de lubrificação. É construído em ferro fundido, liga de alumínio ou chapa de aço estampada (PEREIRA, 2015).

2.6.3. Funcionamento do motor diesel

Operação

Os ciclos de operação podem ser de quatro tempos, um ciclo de trabalho estende-se por duas rotações da árvore de manivelas, ou seja, quatro cursos do pistão ou de dois tempos, o ciclo motor abrange apenas uma rotação da árvore de manivelas, ou seja, dois cursos do pistão (MARTINS e GARCIA, 2010).

Os motores diesel a dois tempos são utilizados em instalações diesel-elétricas de grande porte, enquanto os do tipo a quatro tempos são utilizados em instalações para potências pequenas (MARTINS e GARCIA, 2010).

2.6.4. Principais definições

Ponto morto inferior (PMI)- é o ponto menor que o pistão atinge no seu curso descendente.

Ponto morto superior (PMS)- é o ponto maior que o pistão atinge no seu curso ascendente.

Cilindrada- É o volume deslocado pelo êmbolo (pistão) do PMS até o PMI, multiplicado pelo número de cilindros do motor. Corresponde ao volume máximo de ar admissível no cilindro.

Taxa de compressão-Denominada de razão de compressão, é a relação entre o volume total do cilindro ao iniciar-se a compressão, e o volume no fim da compressão e constitui uma relação significativa para os diversos ciclos dos motores de combustão interna (PEIXOTO, 2016)

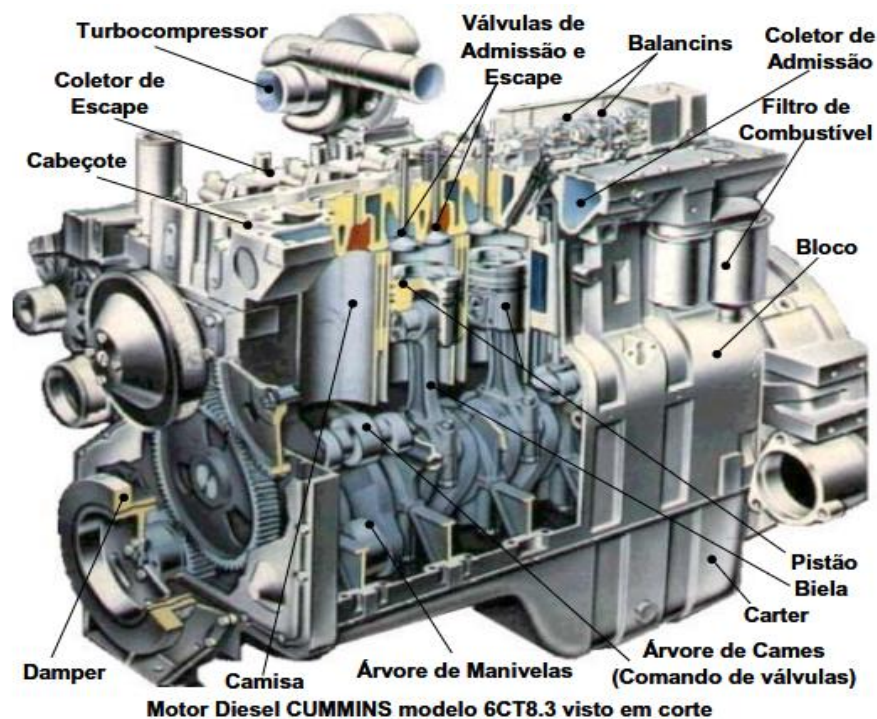


Figura 8: Motor Diesel Cummins, modelo 6CT8.3, visto em corte. Fonte: (PEREIRA, 2015)

A característica principal de um GMG é transformar energia mecânica em energia eléctrica, com voltagem estável independente da variação de carga e velocidade. A energia eléctrica produzida pelo GMG é controlada por instrumentos de medições e diversas protecções, tais como fusíveis, disjuntores, contadores, chaves e o quadro de comando (HEIMER, 2018). Podem ser classificados segundo sua aplicação em:

- Emergência: para suprir a falha da rede eléctrica local;
- Economia: substituir a rede eléctrica local em horários sazonais.

A geração a Diesel é usada para fornecer energia aos clientes em comunidades remotas. Certas casas e empresas possuem pequenos geradores a Diesel como fonte de energia de reserva. Algumas pessoas usam geradores para alimentar suas propriedades que não estão conectadas a um sistema eléctrico. A geração a Diesel também é usada como fonte de alimentação de reserva em caso de falta de energia (COELHO et al, 2006).

A capacidade de geração de carga de um grupo gerador é determinada pela estimativa de vida útil ou pelos intervalos de tempo entre suas revisões gerais. A vida útil média de um grupo gerador é de 15000 h (NOCERA, 2015)

O combustível Diesel é uma fonte não renovável de geração de energia, porque o combustível não pode ser reciclado ou reutilizado, uma vez que é usado para executar um motor dentro de uma usina de geração de Diesel. A queima de combustíveis fósseis, como o Diesel, gera emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes atmosféricos (ROSO et al., 2016).

2.6.4. Regime de uso do gerador

Em função dos consumidores de energia eléctrica a que se destinam, os grupos geradores são construídos com características especiais que os tornam apropriados para diversas aplicações, desde a aplicação para emergência, como em hospitais e lojas de conveniências, até para geração de energia contínua, quando existe a necessidade de obter energia menos oscilatória (PEREIRA, 2011).

A operação do gerador pode ser classificada em:

- Regime standby – funciona como uma reserva para fonte principal de energia e não é utilizado com frequência. O Factor de utilização desse tipo de gerador é 1,0;

- Regime Prime – o gerador é utilizado como fonte principal de energia, sem limitação na quantidade de horas diárias e com carga variável, tal que a média diária não supere 70% do pico máximo de potência a ser consumido. Factor de utilização 1,1.

- Regime contínuo - o gerador é utilizado como fonte principal de energia, sem limitação na quantidade de horas diárias e com carga constante 24 h X 24 h. Factor de utilização 1,35 (BOYLESTAD, 2012).

CAPÍTULO III: PROJECCÃO DOS GERADORES

3.1. DIMENSIONAMENTO DO GERADOR FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico será projectado utilizando o método do mês crítico, que envolve o dimensionamento do sistema com base no balanço energético do período do ano em que as condições médias mais desfavoráveis se apresentam. Assume-se que, se o sistema funcionar bem durante esse mês, ele também funcionará nos outros meses do ano, quando as condições forem mais favoráveis, gerando, assim, mais energia. A tabela abaixo apresenta a temperatura e a Irradiação por mês.

Tabela 1: Dados de irradiação e temperatura / Fonte: INAM, 2024

Mês	Irradiação [kWh/m ²]	Temperatura média [°C]
Janeiro	268,1	27,1
Fevereiro	237,7	27,3
Março	210,7	26,3
Abril	225,9	25,9
Maio	286,5	24
Junho	212,1	22,3
Julho	223,7	21,7
Agosto	234,5	23,3
Setembro	247,3	25
Outubro	270,7	26,2
Novembro	269,9	29
Dezembro	256,7	27,8

Como Março é o mês com a irradiação mais baixa, ele será considerado como referência para o dimensionamento do projecto.

Uma variável importante para o projecto, que será utilizada posteriormente, é o **Peak Solar Hours (PSH)**, ou Horas de Pico Solar. Esse valor representa o número de horas em que a irradiância solar se mantém constante em 1.000 W/m², de modo que a energia gerada seja equivalente à energia recebida pelo Sol no local durante um dia.

Esse valor pode ser calculado dividindo a irradiação do mês de Junho por 30 dias, para obter a média diária, e depois dividindo por 1.000 W/m².

$$PSH = \frac{210,7}{1.000 \times 30} = 7,023 \text{ horas / dia} \quad (1)$$

3.1.1. Levantamento da Demanda e Consumo de Energia Eléctrica

No caso específico, a metodologia tradicional para determinação da demanda de energia não será aplicada, uma vez que estamos lidando com uma carga prevista e não instalada. Dessa forma, ao invés de somar as energias consumidas por cada equipamento, como é comumente feito, vamos adoptar um método mais adequado à situação, considerando as variáveis e as características da carga.

A alternativa escolhida é o **levantamento da demanda e do consumo de energia eléctrica a partir de estimativas baseadas em factores operacionais e previsão de produção**. Nesse método, em vez de contar com medições directas de consumo de equipamentos específicos, vamos realizar estimativas levando em conta a carga esperada para o sistema, a variação na produção de energia (como nos dias nublados ou durante a noite), e as perdas associadas ao sistema.

Neste caso, a carga tem um consumo diário de 339 kWh e uma potência correspondente de 118,457 kW. No entanto, como se trata de uma carga prevista, será necessário dimensionar o sistema para garantir que sua capacidade seja suficiente para suprir a demanda, levando em consideração não apenas a carga em si, mas também as perdas de energia no sistema, como as perdas térmicas nos painéis solares e as quedas de tensão nos cabos.

Além disso, o banco de baterias deve ser projectado para atender a demanda nos períodos de deflação de produção, como em dias de céu nublado ou durante a noite. Portanto, o dimensionamento será baseado nos valores estimados de potência e energia solicitadas pela carga, ajustados para essas variações.

3.1.2. Dimensionamento da geração (painéis fotovoltaicos)

A determinação da energia diária necessária (E_g) considera tanto a carga quanto a eficiência dos componentes envolvidos no processo de armazenamento e conversão de potência, conforme indicado pela Equação 1.

$$E_g = \left(\frac{E_{load}}{\eta_{bat} \times \eta_{inv}} \right) \quad (2)$$

Onde:

E_{load} (kWh/dia) – é a quantidade de energia consumida diariamente;

η_{bat} – É a eficiência da bateria;

η_{inv} – É a eficiência do inversor.

Dessa forma, ao substituir as variáveis da Equação 1 pelos valores correspondentes (obtidos nos catálogos presentes nos Anexos), obtém-se:

$$E_g = \left(\frac{339}{0,9 \times 0,93} \right) = 405,01 kWh / dia$$

A potência necessária para o painel fotovoltaico deve ser obtida conforme mostra a Equação 2.

$$P_m = \left(\frac{E_{load}}{PSH \times k_1 \times k_2} \right) \quad (3)$$

Onde:

P_m (Wp) – potência do painel fotovoltaico

PSH (horas) – Horas de Pico Solar

k_1 - Factor de redução da potência dos módulos fotovoltaicos, em relação ao seu valor nominal, englobando os efeitos de: um eventual acúmulo de sujeira na superfície ao longo do tempo de uso; degradação física permanente ao longo do tempo; perdas devido a temperatura. A este valor atribui-se por *default* o valor de 0,8.

k_2 - Factor de redução da potência devido a perdas no sistema, incluindo fiação, controlador, díodos, etc. A este valor recomenda-se como *default* o valor de 0,8.

Assim, tem-se:

$$P_m = \left(\frac{339}{7.023 \times 0,8 \times 0,8} \right) = 75,28 Wp$$

3.1.3. Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos

Nesta parte, é necessário a escolha da tensão em corrente contínua (VDC) para a qual o sistema vai operar. De forma geral, é recomendado que a tensão de funcionamento do sistema aumente com o aumento de carga diária consumida. Para cargas pequenas (até 1 kWh diários) pode utilizar-se 12 V como valor de VDC. Já para cargas intermédias (3 a 4 kWh por dia), recomenda-se os 24 V. Para cargas diárias maiores (acima de 4 kWh diários), deverá adoptar-se VDC de 48 V. Esta escolha leva a uma diminuição de perdas pelo sistema.

Como a carga total do sistema é de 118,457 kW, vai adoptar-se a tensão VDC de 48V.

É possível calcular o número de módulos em paralelo e também o número de módulos em série, assumindo que a configuração será de um número de painéis em série, em paralelo com outra fileira de painéis.

Para a instalação do sistema fotovoltaico, serão utilizados **painéis solares da Htonetech Monocristalino Flexível Solar de 850 W**, que têm uma capacidade de produção de energia de **850 W por módulo**. Cada painel é projectado para maximizar a captação de energia solar, sendo ideal para atender a diferentes demandas de consumo energético.

As características técnicas destes módulos encontram-se na Figura A.7 do Anexo III – Fichas técnicas dos equipamentos.

A definição da quantidade de módulos em série (conforme a Equação 3) deve levar em conta, além da tensão do sistema (V_{sist}), a **tensão de operação na potência máxima (V_{mpTmax})** dos módulos, que deve ser considerada sob a temperatura máxima esperada para o módulo na localização em questão.

$$N_{m,s} = \left(\frac{1,2 \times V_{sist}}{V_{mpTmax}} \right) \quad (4)$$

O coeficiente **1,2** na equação anterior leva em consideração que o módulo fotovoltaico deve carregar a bateria até uma tensão que seja **20% superior à tensão nominal** da bateria. Por exemplo, para uma **bateria de chumbo-ácido de 24 V**, a tensão de carregamento típica é cerca de **28,8 V**, enquanto a tensão de equalização pode atingir **31,1 V**. Além disso, o coeficiente também compensa **perdas ôhmicas** no sistema, que podem ocorrer devido à resistência interna dos componentes, como cabos e conexões.

A V_{mpTmax} determina-se pela Equação 4 em que o coeficiente ($\beta_{V_{mp}}$) de variação da tensão de máxima potência (V_{mp}) com a temperatura é igual a $-0,43\%/^{\circ}\text{C}$, correspondente ao módulo que será usado.

$$V_{mp} = V_{mp_{STC}} \times [1 + \beta_{V_{mp}} \times (T_{\max} - 25)] \quad (5)$$

A temperatura $T_{\max}$ representa a temperatura máxima do módulo em funcionamento medida em graus Celsius que acha-se pela expressão abaixo:

$$T_{\max} = T_{amb} + K_t \times G \quad (6)$$

Onde: T_{amb} é a temperatura ambiente em °C, K_t é o coeficiente térmico do módulo (0,03 °C/W/m²) e G é a irradiância.

Considerando que os módulos fotovoltaicos irão operar em um ambiente com temperatura de **30°C** (típica de regiões tropicais como Moçambique) e sob uma irradiância média de **194,6 W/m²**, o valor da temperatura de operação do módulo pode ser estimado levando-se em conta a **temperatura ambiente** e as condições de irradiância incidente, conforme as características térmicas do módulo fotovoltaico.

$$T_{\max} = 30 + 0,03 \times 194,6 = 36^\circ\text{C}$$

Uma vez encontrada a temperatura do módulo pode-se agora determinar a tensão de máxima potência a esta temperatura.

$$V_{mp} = (36^\circ\text{C}) = 45,2 \times [1 - 0,0043 \times (36 - 25)] = 43,06\text{V}$$

Assim, o número de módulos em série será:

$$N_{m,s} = \frac{1,2 \times 48}{43,06} \approx 2$$

Para o cálculo do número de fileiras em paralelo, deve-se considerar a potência total do gerador (P_m) e a potência de cada módulo, conforme a equação abaixo:

$$N_{m,p} = \frac{P_m}{N_{m,s} \times P_{\text{mod}}} \quad (9)$$

Onde: P_{mod} - é potência (Wp) nominal do módulo adoptado.

$$\text{Portanto, } N_{m,p} = \frac{75,28}{2 \times 850} = 45$$

O número total de módulos, é dado pelo produto entre os módulos em série e o número de fileiras em paralelo, que neste caso resulta em 90 módulos.

A corrente do painel (I_m) é calculada usando a Equação 12.

$$I_m = N_{m,p} \times I_{mp} \quad (10)$$

Onde I_{mp} representa a corrente do módulo no ponto de máxima potência, nas condições-padrão de ensaio.

Deste modo a corrente do painel será: $I_m = 45 \times 18.43 = 829,35A$

A seguinte tabela explicita todo o resultado deste dimensionamento.

Tabela 2: Resultado do dimensionamento dos módulos fotovoltaicos / Fonte: Autor

$N_{m,s}$	$N_{m,p}$	$N_{m,total}$	Area(m ²)
2	45	90	185

Com base nos dados fornecidos, entende-se que a potência total do **gerador fotovoltaico** a ser instalado será de **76,5 kWp**. Este valor reflecte um **sobredimensionamento de aproximadamente 1,62%**, o qual visa compensar a **diminuição da eficiência** do sistema ao longo de seu ciclo de vida. O sobredimensionamento é uma estratégia para garantir que o sistema mantenha um desempenho adequado, mesmo diante da **depreciação natural da capacidade de geração** dos módulos solares ao longo do tempo.

3.1.4. Orientação dos módulos fotovoltaicos

Moçambique está situado abaixo da linha do Equador, no Hemisfério Sul, o que determina a orientação otimizada dos módulos fotovoltaicos no sistema. Devido ao movimento de rotação da Terra, o sol percorre uma trajectória diária de leste para oeste,

apresentando uma ligeira inclinação para o norte no Hemisfério Sul. Este fenómeno implica que, para maximizar a captura de radiação solar, a orientação ideal dos módulos fotovoltaicos em Moçambique deve ser voltada para o norte.

Contudo, isso não significa que tetos não voltados para o norte não possam ser utilizados para instalação de módulos solares. Telhados com faces voltadas para **noroeste** ou **nordeste** podem apresentar perdas de eficiência na faixa de **3% a 8%** em comparação com a orientação norte. Já os telhados com faces voltadas para **leste** ou **oeste** podem sofrer perdas de **12% a 25%**, devido ao ângulo de incidência solar e à variação da irradiância ao longo do dia, que impacta a produção de energia, especialmente nas primeiras e últimas horas de luz solar. Para o novo escritório da Nyeleti engenharia LDA vai se adoptar o ângulo de 22,5°.

Essas perdas são importantes para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, mas não inviabilizam a instalação de painéis solares em telhados com diferentes orientações.

3.1.5. Dimensionamento do banco de baterias

Com base na energia solicitada pelas cargas, que foi determinada pela **Equação 2**, o próximo passo é calcular a **capacidade do sistema de armazenamento**, ou seja, o dimensionamento do **banco de baterias**. O cálculo da capacidade necessária das baterias leva em consideração tanto a energia consumida quanto a autonomia desejada para garantir que o sistema continue operando sem falhas durante períodos de baixa geração solar (como durante a noite ou em dias nublados).

3.1.5.1. Cálculo da Capacidade do Banco de Baterias

O dimensionamento do banco de baterias pode ser feito utilizando as **Equações 11 e 9** (que representam os cálculos típicos para dimensionamento de baterias).

$$E_{autonomia} = E_g \times n \quad (11)$$

$$E_{armazenada} = \frac{E_{autonomia}}{P_d} \quad (12)$$

Onde: n - número de dias de autonomia;

$E_{autonomia}$ - energia necessária nos dias de autonomia;

$E_{armazenada}$ - energia armazenada no banco de baterias;

P_d - profundidade de descarga das baterias.

A **autonomia** do sistema fotovoltaico é um parâmetro crítico no dimensionamento do banco de baterias, sendo normalmente definida no intervalo de **2 a 4 dias**. Este valor não deve ser inferior a **2 dias**, pois uma autonomia menor pode comprometer a capacidade do sistema de operar de forma eficiente durante períodos prolongados sem geração fotovoltaica. No entanto, um aumento na autonomia implica directamente em um **aumento na capacidade do banco de baterias**, o que, por sua vez, resulta em **custos mais elevados** devido ao maior número de baterias necessárias para suportar a demanda energética.

A **profundidade de descarga (DoD)** é definida como a **fracção ou percentagem da capacidade nominal da bateria** que é extraída durante um ciclo de descarga. Quanto maior for a profundidade de descarga, menor será a **vida útil das baterias**, uma vez que descargas profundas aumentam o desgaste das células, reduzindo o número de ciclos de carga e descarga. Para otimizar a **vida útil** do banco de baterias, considera-se um **factor de descarga de 65%**, o que assegura uma utilização eficiente das baterias enquanto preserva sua durabilidade.

Considerando uma **autonomia de 2 dias** e um **factor de descarga de 65%**, os cálculos do dimensionamento do banco de baterias serão realizados conforme os seguintes parâmetros, resultando nos valores de capacidade e energia necessária para o sistema.

$$E_{autonomia} = 339 \times 2 = 687 \text{ KWh}$$

$$E_{armazenada} = \frac{689}{0,65} = 1043,08 KWh$$

A capacidade do banco em Ah (*CBB*) é dada pela Equação 15:

$$CBB = \frac{E_{armazenada}}{V_{banco}} \quad (13)$$

$$CBB = \frac{1043.08}{48} = 21,73 kAh$$

Para determinar o número de **baterias em paralelo**, além da **capacidade total do banco de baterias**, é essencial considerar a **capacidade individual de cada bateria** no regime de descarga de **20 horas** (denotado como **CBC20**), que especifica a quantidade de carga que a bateria pode fornecer ao longo de um período de **20 horas** mantendo uma descarga gradual e eficiente.

$$N_{b,p} = \frac{CBB}{CB_{C20}} \quad (14)$$

$$N_{b,p} = \frac{21,73}{220} = 99$$

A CBC20 foi determinada pela Expressão 13 que conduziu ao valor de 220 Ah (consultando a ficha técnica da bateria).

$$CB_{C20} = 1,1 \times CB_{C10} \quad (15)$$

$$CB_{C20} = 1,1 \times 200 = 220 Ah$$

Para encontrar o número total de baterias do sistema basta achar o produto entre o número de baterias em série e o número de baterias em paralelo, que resulta em 32 baterias.

As baterias que se propõem instalar são as *Pylontech*. A ficha técnica referente a uma bateria encontra-se anexada na Figura A.8 (Anexo III – Fichas técnicas dos equipamentos).

Tabela 3: Resultado do dimensionamento de o banco de baterias / Fonte: Autor

<i>Nb,s</i>	<i>Nb,p</i>	<i>Nb,total</i>
1	99	99

3.1.6. Dimensionamento do controlador de carga

A integração de um **controlador de carga** tem como objectivo primordial a **protecção das baterias** contra **sobrecargas** e **descargas excessivas**, garantindo a preservação da vida útil do banco de baterias.

Para determinar a **corrente máxima (Ic)** que o controlador de carga deve ser capaz de suportar, considera-se a **corrente de curto-circuito (Isc)** dos módulos fotovoltaicos, multiplicada pelo **número de módulos em paralelo**. A corrente máxima do controlador é então corrigida por um **factor de segurança mínimo de 25%**, a fim de acomodar variações inesperadas de condições operacionais. Este factor de segurança considera a possibilidade de o painel fotovoltaico ser exposto a uma **irradiância de até 1.250 W/m²** durante curtos períodos, o que pode resultar em picos temporários de corrente.

$$I_c = 1,25 \times N_{m,p} \times I_{sc} \quad (16)$$

$$I_c = 1,25 \times 45 \times 18,43 = 1036,7 \text{ A}$$

Será necessário ligar os controladores de carga em paralelo dado que a corrente *Ic* é bem maior que a suportada pelos controladores escolhidos. A Equação 15 permite obter o número necessário de controladores em paralelo, considerando a corrente nominal máxima do controlador *Ictl*.

$$N_{c,p} = \frac{I_c}{I_{ctl}} \quad (17)$$

$$N_{c,p} = \frac{1036,7}{120} = 9$$

A máxima tensão de operação do controlador de carga (*Vcmax*) deve sempre ser maior do que a tensão máxima de saída do painel fotovoltaico.

$$N_{m,s} \times V_{ocT \min} < V_{c \max} \quad (18)$$

V_{ocTmin} é a tensão de circuito aberto a temperatura mínima ($Tmin$) da localidade (considerada 20°C) e β_{Voc} representa o coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto (-0,34 %/°C).

$$V_{ocT \min} = V_{ocSTC} \times [1 + \beta_{Voc} \times (T_{\min} - 25)] \quad (19)$$

Similarmente ao cálculo da temperatura máxima do módulo calcula-se a temperatura mínima do mesmo: $T_{\min} = 20 + 0,003 \times 194,6 = 20,58^\circ C$

Então,

$$V_{ocT \min} = 40,9 \times [1 - 0,0034 \times (20,58 - 25)] = 41,5V$$

$$V_{ocT \min} = 41,5 \times 2 = 83V$$

Da Expressão 16 verifica-se que, $83 V < 250 V$, portanto a condição foi satisfeita.

Os controladores de carga que se propõem instalar são os *MPPT 250/100 da Victron Energy - Blue Power*. O catálogo referente a esses controladores encontra-se anexado na Figura A.9 (Anexo III – Fichas técnicas dos equipamentos)

3.1.7. Dimensionamento do inversor

De maneira conservadora, a potência do inversor deve ser especificada para ser igual ou superior à soma das potências individuais de todas as cargas do edifício da Nyeleti Engenharia, Lda. Recomenda-se a selecção de inversores com alta eficiência, a fim de minimizar as perdas no processo de conversão de energia, garantindo assim o máximo aproveitamento da energia gerada pelo sistema fotovoltaico. O inversor deverá ser dimensionado para que sua tensão de entrada corresponda à tensão DC do sistema (48V), enquanto a tensão de saída AC deverá ser compatível com as necessidades do projecto, que neste caso é de 220 V (ou 230 V) a 50 Hz.

Tendo em conta as considerações citadas acima, para este projecto serão utilizados dois inversores em paralelo de onda sinodal pura da *Growatt* com a referência *SPF 3500 ES* de 20 kW cada, cujas especificações encontram-se anexadas

na Figura A.10 (Anexo III – Fichas técnicas dos equipamentos).

Para determinar o número de inversores necessários, dividimos a carga total pela potência de um inversor.

$$N_{\text{inversores}} = \frac{P_{\text{carga}}}{P_{\text{m(inver)}}} \quad (20)$$

$$N_{\text{inversores}} = \frac{118457}{20000} = 5,92$$

Como não podemos ter uma fracção de um inversor, arredondamos para **6 inversores** para garantir que a carga seja atendida de forma segura e eficiente.

3.1.8. Cabos do circuito de geração (painéis fotovoltaicos)

O fabricante dos módulos **Htonetech** recomenda que sistemas solares de 850 W sejam utilizados cabos de 6mm² para fazer as conexões do circuito da geração, não sendo assim necessário o dimensionamento destes. Para este projecto serão usados cabos de 6mm² do tipo Eland Cables H1Z2Z2-K.



Figura 9: Eland Cables H1Z2Z2-K. Fonte SOLAR ENERGY, 2022

3.1.9. Dimensionamento dos cabos e dispositivos de protecção do sistema fotovoltaico

Tabela 4: Resultado do dimensionamento dos disjuntores e cabos / Fonte: Autor

DIMENSIONAMENTO DE DISJUNTORES E CABOS (DC E AC) DO SISTEMA FOTOVOLTAICO										
De	Para	Pu (KW)	U	$\Delta U(2\%)$	σ (m/ Ωmm^2)	I(KA)	L(m)	cos ϕ	Cabo(mm)	Disj(A)
Baterias	C.carga	118.457	48	0.96	45.5	2.46785417	1	1	141.2462	250
C.carga	Inversor	118.457	48	0.96	45.5	2.46785417	1.2	1	169.4955	250
Inversor	Carga	118.457	380	7.6	45.5	0.31172895	30	0.8	25.01193	30

Onde: L – é o comprimento entre os inversores e o quadro geral (8 metros);

Cos ϕ - é o factor de potência da instalação de valor igual a 0,8;

σ – é a resistividade do cobre (45,5 m/ Ωmm^2);

ΔU – é a queda de tensão no cabo (2% da tensão de saída dos inversores – 400 V).

3.1.10. Dimensionamento dos Dispositivos de Protecção

Indispensáveis em sistemas fotovoltaicos, os dispositivos de protecção têm a função de assegurar a integridade dos componentes do sistema e a segurança dos operadores, promovendo a mitigação de surtos de tensão, curtos-circuitos e sobrecargas eléctricas. Para este projecto, os dispositivos de protecção a serem devidamente dimensionados são os disjuntores termomagnéticos e os dispositivos de protecção contra surtos (DPS).

3.1.11. Disjuntores entre a saída dos painéis e os controladores de carga

A selecção desses disjuntores deve considerar a potência total instalada nos painéis fotovoltaicos, bem como a tensão nominal do sistema. Para a determinação da corrente nominal adequada do disjuntor, utiliza-se a Equação 19:

$$I_N = \frac{P_m}{V_{banco}} \quad (21)$$

Já está definido que o sistema fotovoltaico será composto por um total de 90 módulos. Esses módulos serão distribuídos em 9 conjuntos, de forma que cada controlador de carga será responsável por 10 módulos. Dessa forma, a potência total gerada pelos módulos (P_m), correspondente a 118,457 kW, será igualmente dividida entre os 9 controladores de carga.

$$I_N = \frac{13161,9}{48} = 274,21A$$

O disjuntor não deve ser dimensionado com base directamente na corrente nominal calculada, uma vez que esta poderá ser interpretada pelo dispositivo como uma sobre corrente, resultando na sua actuação indevida. Por esse motivo, aplica-se um fator de correcção de 1,2 à corrente nominal, obtendo-se uma corrente de dimensionamento de 329,05 A. Considerando a normalização dos dispositivos, adopta-se a corrente padronizada imediatamente superior, que é de 350 A. Assim, serão utilizados dois

disjuntores bipolares para corrente contínua (DC) com corrente nominal de 350 A e curva de actuação tipo C.

3.1.12. Disjuntor entre os controladores de carga e as baterias

Este disjuntor deve ser dimensionado com uma corrente nominal superior ACIMA das correntes máximas fornecidas pelos controladores de carga, cujo valor é DE 120 A. Dessa forma, adopta-se disjuntores bipolar para corrente contínua (DC) com corrente nominal de 150 A e curva de actuação tipo C, garantindo margem de segurança adequada e evitando disparos indesejados em condições de operação normal.

3.1.13. Disjuntores para a protecção dos inversores no lado DC

A corrente nominal dos disjuntores a serem instalados entre o controlador de carga e os inversores é determinada pela razão entre a potência nominal de cada inversor e a tensão de saída do controlador de carga, resultando em uma corrente de 145,2 A. Com base nesse valor e considerando as margens de segurança e a padronização dos dispositivos, foram seleccionados disjuntores com corrente nominal de 150 A para a protecção do lado de corrente contínua (DC) dos inversores.

Na figura a seguir, apresenta-se a marca dos disjuntores a serem utilizados (Shneider).



Figura 10: Disjuntor AC. Fonte Schneider, 2022.

3.1.14. Disjuntores do lado AC (saída dos inversores)

O dimensionamento dos disjuntores a serem instalados na saída em corrente alternada (AC) dos inversores é realizado por meio da divisão da potência nominal de cada inversor pela tensão da rede (220 V) e pelo rendimento do equipamento, considerado em 0,94. O valor obtido para a corrente de operação é de 293 A. No entanto, em conformidade com as boas práticas de protecção, serão alocados 5 disjuntores de 63 A em paralelo, a fim de evitar actuações indevidas.

3.1.15. Dispositivo de Protecção contra Surtos de Tensão (DPS)

Surtos eléctricos são elevações abruptas e transitórias de tensão causadas, predominantemente, por descargas atmosféricas, manobras de chaveamento na rede eléctrica, accionamento de cargas indutivas, entre outros fenómenos electromagnéticos. Esses surtos podem comprometer seriamente a integridade dos componentes do sistema fotovoltaico, bem como de demais equipamentos eléctricos conectados a ele.

As descargas atmosféricas podem induzir surtos de duas formas:

- **Incidência directa**, quando o raio atinge directamente os módulos fotovoltaicos ou demais elementos do sistema, provocando danos severos e, frequentemente, irreversíveis aos componentes e à infra-estrutura;
- **Incidência indirecta**, quando a descarga ocorre a certa distância, mas o campo electromagnético gerado é acoplada à estrutura condutiva (como a malha de aterramento ou estruturas metálicas), sendo conduzido ao sistema mesmo a quilómetros do ponto de impacto.

Para o funcionamento eficaz dos dispositivos de protecção contra surtos (DPS), é imprescindível a existência de um sistema de aterramento de baixa impedância, capaz de dissipar adequadamente as correntes de surto para o solo. Para este projecto, o sistema de aterramento será executado por meio da cravação de uma haste de cobre com 3

metros de comprimento, instalada conforme os critérios técnicos estabelecidos no Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE).

3.1.16. Dimensionamento do ATS

Segundo a norma **IEC 60947-3**, o dimensionamento do ATS é realizado considerando a **corrente de serviço (I_S)** da instalação, na qual:

$$I_{ATS \geq I_S} \quad 200 \text{ A} \geq 180,2 \text{ A} \quad (\text{Verifica a condição})$$

Para o projecto será empregue o ATS da IEC 60947-3 com corrente nominal de 200 A.



Figura 11: ATS. Fonte Schneider, 2022.

3.2. DIMENSIONAMENTO DO GERADOR DIESEL

Para a determinação da carga a ser suprida pelo gerador será usada a potência 135.392 kVA.

O gerador dimensionado terá uma margem de segurança 10%, visto que apenas foi realizada uma previsão de carga, a qual contempla várias reservas, as quais, por sua vez, garantem a margem de segurança necessária. Neste caso

temos:

$$S_g = 135.392 * 1.1 = 148.931,2 \text{ KVA} \quad (22)$$

O gerador será dimensionado para ser capaz de alimentar a empresa Nyeleti, mesmo no caso de haver um aumento de 10% no valor da carga prevista. O gerador dimensionado deverá atender a uma potência de 148.931,2 kVA, correspondente a um acréscimo de 10% do maior registo de consumo diário previsto do sistema eléctrico da empresa Nyeleti. Assim, o gerador seleccionado deverá ter uma potência nominal superior a esta. Para este projecto, foi seleccionado um gerador a diesel de 150 kVA. 167 HP para regime de emergência, marca CAT C150D5, 1500 rpm, com consumo de combustível de 33 a 36 litros por hora, informações adicionais sobre este gerador encontram-se anexadas na Figura A.10 (Anexo III – Fichas técnicas dos equipamentos).

3.2.1. Protecção do gerador

Um gerador eléctrico pode sofrer avarias internas ou externas. Estas falhas devem ser corrigidas com a maior brevidade possível, pois, se não forem tratadas a tempo, podem ocasionar danos irreparáveis ao equipamento.

Cálculo da corrente de serviço

A corrente de serviço do circuito será:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} * Fp * U} = \frac{150 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 380 * 0.8} = 285.2 \text{ A} \quad (23)$$

Visto que não existe no mercado um disjuntor com capacidade imediatamente superior a esta, ainda na faixa dos duzentos amperes, para proteger o gerador contra curto-circuito, será utilizado um disjuntor da Schneider Electric de 300 A. encontram-se anexadas na Figura A.11 (Anexo III – Fichas técnicas dos

equipamentos)

3.2.2. Protecção do grupo gerador (Aterramento)

O aterramento do ponto neutro de um gerador é essencial para proteger os enrolamentos do estator e sistemas associados. Ao conectar o neutro à terra, evitam-se sobretensões transitórias prejudiciais em caso de falha à terra. Além disso, sistemas de aterramento eléctrico são fundamentais para a segurança, prevenindo choques eléctricos ao direccionar correntes de fuga para o solo.

O aterramento assegura que, em caso de falha de isolamento, a corrente de fuga seja desviada para a terra, evitando choques eléctricos em usuários. Ao fornecer um caminho de baixa impedância para correntes de falha, o aterramento facilita o desligamento rápido de dispositivos de protecção, como fusíveis e disjuntores, prevenindo danos aos equipamentos.

O aterramento estabiliza tensões durante transitórios eléctricos, evitando sobretensões que possam danificar os equipamentos.

Para garantir a eficiência do aterramento, utilizam-se materiais com alta condutividade eléctrica e resistência à corrosão, como cabos e hastes de cobre. Esses materiais asseguram a condução eficaz das correntes de fuga para a terra, mantendo a integridade dos sistemas eléctricos e a segurança dos usuários.

Para proteger o gerador será utilizado uma haste com 3 metros de comprimento uma espessura de 0.5 polega.

3.2.3. Dimensionamento do cabo alimentador

Escolha da secção do cabo alimentador

Para este projecto, foi escolhido o condutor de cobre com isolamento em policloreto de vinilo (PVC).

Com base na corrente de serviço calculada, verificou-se, conforme a normalização , que a

secção adequada para o cabo alimentador é de 240 mm², a qual suporta uma corrente máxima de 321 A (IZ).

3.2.4. Dimensionamento do ATS

Segundo a norma **IEC 60947-3**, o dimensionamento do ATS é realizado considerando a **corrente de serviço (I_S)** da instalação, na qual:

$$I_{ATS} \geq I_S \quad 300 \text{ A} \geq 285,2 \text{ A (Verifica a condição)}$$

3.2.4.1. Dimensionamento do estabilizador

O estabilizador deve possuir capacidade nominal igual ou levemente superior à carga máxima prevista em regime permanente. Considerando que este equipamento irá operar no limite da potência do gerador, o estabilizador deverá suportar, no mínimo, 150 kVA em regime trifásico. A tensão nominal de operação deve ser 220/380 V (ou conforme a tensão de saída do gerador), com sistema de regulação electrónico, podendo ser do tipo servo mecânico ou ferro ressonante. A sensibilidade da regulação deve ser igual ou superior a 10%, com frequência nominal de operação de 50 Hz. O equipamento deve possuir factor de potência compatível com o sistema ($\geq 0,8$), tempo de resposta ≤ 10 ms, e dispor de protecções incorporadas contra subtensão, sobretensão, sobrecarga, curto-circuito, além de sistema de ventilação forçada e display digital para monitoramento dos parâmetros eléctricos em tempo real.

CAPÍTULO IV: MAPA DE QUANTIDADES E ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

4.1. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

A **análise comparativa de projectos** é uma etapa fundamental em qualquer segmento de mercado. Pessoas, empresas e organizações utilizam essa ferramenta para avaliar a **viabilidade de um investimento**, identificar a **melhor forma de executá-lo**,

estimar o **tempo de retorno (payback)** e considerar outros factores que influenciam directamente na **viabilidade económica**.

Essa análise contribui para a **redução de riscos**, permitindo uma avaliação abrangente de **situações futuras** que podem impactar o sucesso ou fracasso do investimento.

Neste estudo, a comparação incide sobre dois sistemas de geração de energia para uso emergencial no escritório da Nyeleti Engenharia, Lda: um gerador a diesel e um sistema fotovoltaico.

4.1.1. Características dos Sistemas de Geração

4.1.1.1. Gerador a Diesel (150 kVA)

- **Investimento Inicial:** 5.697.628,00 MZN, conforme a Figura.A.5 do Anexo II- dados do escritório.
- **Custo de combustível:** 91,23 MZN por litro de diesel
- **Consumo do Gerador:** 34 litros de diesel por hora
- **Capacidade do Tanque de Combustível:** 325 litros
- **Manutenção Anual:** 300.000,00 MZN
- **Custo de Energia da Rede:** 4,78 MZN/kWh
- **Interrupções de Rede:** 120 horas por ano

Tabela 5: Tarifa de electricidade para grandes consumidores de baixa, media e alta tensão/ Fonte: EDM, 2022

Tabela 6: Tarifa de electricidade para grandes consumidores de baixa, media e alta tensão/ Fonte: EDM, 2022

Tabela 7: Tarifa de electricidade para grandes consumidores de baixa, media e alta tensão/ Fonte: EDM, 2022

Classe de Consumidores	Preço de Venda		Taxa Fixa (Mt)
	(Mt/kWh)	(Mt/kW)	
Grandes Consumidores de Baixa Tensão	5.74	441.12	683.29
Média Tensão	4.78	497.03	3,207.25
Média Tensão (Agrícola)	2.72	313.29	3,207.25
Alta Tensão	4.70	600.10	3,207.25

O gerador a diesel fornecerá energia quando a rede eléctrica falhar, com a capacidade de operação de **9,5 horas por tanque cheio**. O custo operacional anual depende da frequência e duração das interrupções da rede eléctrica.

4.1.1.2. Sistema Fotovoltaico Off-Grid

- **Investimento Inicial:** 12.861.968,52 MZN conforme a Figura.A.5 do Anexo II- dados do escritório.
- **Número de Painéis Solares:** 90 painéis de 850W cada, totalizando 76,5 kW
- **Irradiação Média Anual:** 210,7 kWh/m² (valores típicos da região)
- **Autonomia do Sistema Fotovoltaico:** 2 dias (48 horas de operação contínua)
- **Funcionamento:** Sistema fotovoltaico como fonte principal, com a rede eléctrica entrando apenas em casos de manutenção, falha do sistema fotovoltaico ou picos de carga.
- **Custo de Energia da Rede:** 4,78 MZN/kWh

O sistema fotovoltaico foi dimensionado para cobrir a maior parte da demanda de energia do escritório, com uma autonomia de 48 horas de operação sem a necessidade de reabastecimento, sendo que em casos de pico de carga acima da potência dimensionado vai intervir o barramento infinito.

4.1.2. Análise Técnica e de Custo Operacional

4.1.2.1. Custo Operacional do Gerador a Diesel

Cálculo do Custo de Combustível:

- **Consumo do Gerador:** 34 litros de diesel por hora.
- **Preço do Combustível:** 91,23 MZN por litro.

Custo de combustível por hora = 34 L × 91,23 MZN = **3.101,82 MZN/hora**

Para **120 horas de operação por ano**, o **custo de combustível** será:

Custo de combustível por ano = 3.101,82 MZN/hora × 120 horas = **372.218,40 MZN/ano**

Custo de Manutenção:

O gerador precisa de **manutenção anual de 300.000 MZN**.

Custo Total Anual (Gerador a Diesel):

Custo Total Anual (combustível + manutenção) = 372.218,40 MZN (combustível)
+ 300.000 MZN (manutenção) = **672.218,40 MZN/ano**

Custo Total após 25 Anos:

Investimento inicial: 5.697.628,00 MZN

Custo operacional anual: 672.458,40 MZN

Custo total após 25 anos = 672.218,40 MZN × 25 anos = 16.805.460 MZN

Custo total acumulado (25 anos) = 5.697.628,00 MZN + 16.805.460 MZN =
22.503.088,00 MZN

4.1.2.2. Custo Operacional do Sistema Fotovoltaico

4.1.2.2.1. Cálculo da Produção Anual de Energia:

O sistema fotovoltaico de **76,5 kW** será capaz de produzir a seguinte quantidade de energia:

- **Produção Diária** (considerando **5 horas de sol directo** em média por dia):
 $75,68 \text{ kW} \times 5 \text{ horas} = \mathbf{378,4 \text{ kWh/dia}}$
- **Produção Anual:**
 $378,4 \text{ kWh/dia} \times 365 \text{ dias} = \mathbf{137.976 \text{ kWh/ano}}$
- **Autonomia do Sistema Fotovoltaico:**
- **Autonomia de 48 horas (2 dias):** O sistema fotovoltaico poderá fornecer energia durante o ano ainda com a autonomia **2 dias** sem precisar de recarga. Isso é suficiente para garantir pouca intervenção da rede em casos de manutenção ou falha do sistema.

4.1.2.2.2. Custo de Manutenção do Sistema Fotovoltaico:

O sistema fotovoltaico requer uma manutenção anual estimada em **1% do investimento inicial**:

$$\text{Custo de manutenção anual} = 12.861.968,52 \text{ MZN} \times 1\% = \mathbf{128.619,69 \text{ MZN/ano}}$$

4.1.2.2.3. Custo de Energia da Rede (Backup):

Em caso de falha no sistema fotovoltaico, a energia da rede será usada para cobrir as **120 horas de interrupção**. Considerando que o escritório requer aproximadamente **118.457 kW** durante essas falhas, o custo de energia será:

$$\text{Energia necessária para 60 horas} = 118,457 \text{ kW} \times 60 \text{ horas} = \mathbf{7.107.42 \text{ kWh/ano}}$$

$$\text{Custo de energia da rede} = 7.107.42 \text{ kWh} \times 8,14 \text{ MZN/kWh} = \mathbf{57.854,40 \text{ MZN/ano}}$$

A tarifa da rede com o acréscimo das taxas aumenta para um valor aproximadamente 8,14 MZN/kWh.

Custo Total Anual (Sistema Fotovoltaico):

- **Custo de manutenção:** 128.619,69 MZN
- **Custo de energia da rede:** 57.854,40 MZN
- **Custo total anual** = 128.619,69 MZN + 57.854,40 MZN = **186.474,09 MZN/ano**

Custo Total após 25 Anos:

Investimento inicial: 12.861.968,52 MZN

Custo operacional anual: 186.474,09 MZN

Custo total após 25 anos = 186.474,09 MZN × 25 anos = 4.661.852,25 MZN

Custo total acumulado (25 anos) = 12.861.968,52 MZN + 4.661.852,25 MZN = **17.523.820,77 MZN.**

4.1.3. Comparação de Custo Total ao Longo de 25 Anos

Tabela 8: Custo de operação total e diferença dos totais / Fonte: Autor

Sistema	Investimento Inicial (MZN)	Custo Anual Operacional (MZN)	Custo Anual da Energia da Rede (MZN)	Custo Total em 25 anos (MZN)
Gerador a Diesel	5.697.628,00	672.458,40	223 443,00	28 095 162,00
Sistema Fotovoltaico	12.861.968,52	128.619,69	57.854,40	17 523 820,77
Diferença Entre Custos Totais				10 571 341,23

4.1.3.1. Análise Técnica e Económica da Opção pelo Sistema Fotovoltaico

✓ **Confiabilidade e Manutenção**

➤ **Sistema Fotovoltaico:**

Apresenta elevada confiabilidade com baixa exigência de manutenção. Requer apenas limpezas periódicas dos painéis solares e verificações técnicas nos componentes eléctricos e de armazenamento. A taxa de falha é baixa, desde que o sistema seja bem projectado.

➤ **Gerador a Diesel:**

Depende de manutenções regulares, como trocas de óleo e inspecções mecânicas. O risco de falha é maior em função da existência de partes móveis sujeitas a desgaste. A operação contínua exige logística de abastecimento de combustível e suporte técnico constante.

✓ **Vida Útil dos Componentes**

➤ **Sistema Fotovoltaico:**

Painéis solares têm vida útil entre **20 e 25 anos**. Baterias variam entre **5 e 10 anos**, conforme o tipo e o padrão de uso. Inversores e controladores duram em média de **8 a 12 anos**.

➤ **Gerador a Diesel:**

Possui vida útil entre **5 e 10 anos**, dependendo da intensidade de uso e da qualidade da manutenção. O desgaste mecânico natural exige substituição de peças e revisões frequentes.

✓ **Facilidade de Implementação**

➤ **Sistema Fotovoltaico:**

Requer maior área de instalação para os painéis e infra-estrutura adequada para baterias e inversores. A instalação inicial pode ser mais complexa, mas após

implementado, o sistema opera com baixa necessidade de intervenção.

➤ **Gerador a Diesel:**

Instalação relativamente rápida e simples. Ocupa pouco espaço físico, mas necessita de ventilação e isolamento acústico adequados, especialmente em ambientes de trabalho sensíveis ao ruído.

✓ **Impacto Ambiental e Social**

➤ **Sistema Fotovoltaico:**

É uma solução sustentável, sem emissão de gases poluentes e totalmente silenciosa. Apresenta baixo impacto ambiental durante a operação e contribui para a melhoria das condições de trabalho.

➤ **Gerador a Diesel:**

Emite gases nocivos à saúde e ao meio ambiente, além de produzir ruído constante durante o funcionamento.

De acordo com os inquéritos realizados junto a utentes de geradores a diesel, o ruído gerado por estes equipamentos é uma das principais queixas, interferindo directamente na concentração e na produtividade da maioria dos colaboradores. Esse factor tem implicações negativas no ambiente de trabalho, especialmente em escritórios ou sectores administrativos

Apesar do elevado custo inicial do sistema de geração fotovoltaica **12.861.968,52 MZN**, em comparação com o investimento inicial do gerador a diesel (**5.697.628,00 MZN**), a adopção desta solução representa uma **estratégia tecnicamente sustentável, ambientalmente responsável e financeiramente viável no longo prazo**. Ao projectar os custos operacionais e de manutenção ao longo de um ciclo de **25 anos**, verifica-se que o sistema fotovoltaico permite uma **poupança acumulada de 10.571.341,23 MZN** em relação ao sistema a diesel.

Essa poupança resulta principalmente da **drástica redução nos custos operacionais**, dado que o sistema solar praticamente **não depende de combustível fóssil** e apresenta **baixas exigências de manutenção periódica**, enquanto o gerador a diesel exige abastecimento contínuo, manutenção anual dispendiosa (estimada em 300.000 MZN por ano) e é fortemente afectado pelas oscilações no preço do diesel (actualmente a 91,23 MZN/litro, com um consumo de 34 litros/hora). Além disso, o sistema fotovoltaico contribui significativamente para a **redução da pegada de carbono**, evitando a emissão de milhares de quilogramas de CO₂ por ano um benefício ambiental directo que alinha a empresa com práticas modernas de responsabilidade socioambiental e compromisso com os Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível) e o ODS 13 (Acção Climática).

Portanto, a opção pelo sistema fotovoltaico, além de garantir **autonomia energética** e maior **resiliência frente às interrupções da rede eléctrica** (em média 120 horas por ano), representa uma **decisão estratégica sustentável** que se traduz em **benefícios ambientais concretos** e uma **economia real superior a 10,5 milhões de meticais ao longo de 25 anos**.

CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões

O presente estudo permitiu uma avaliação detalhada da viabilidade técnica e económica de dois sistemas de geração de energia de emergência fotovoltaico e gerador a diesel para o novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda, localizado em Mutanhane, Marracuene. A análise considerou não apenas os custos iniciais de investimento, mas também os custos operacionais, de manutenção e o comportamento da rede eléctrica local, que tem apresentado uma média anual de **120 horas de interrupção**.

Do ponto de vista **técnico**, ambos os sistemas atendem à necessidade de garantir autonomia energética em caso de falha da rede. O gerador a diesel, com 150 kVA de potência e tanque de 325 litros, oferece resposta imediata, mas está sujeito a elevados custos de operação, consumo de combustível (34 litros/hora) e manutenções periódicas estimadas em **300.000 MZN por ano**. Já o sistema **fotovoltaico**, composto por 90 painéis de 850 W e uma autonomia de dois dias, apresenta maior resiliência, com menor impacto ambiental e possibilidade de operação híbrida com a rede, usando energia solar como fonte primária.

A análise **económica de longo prazo (25 anos)** demonstrou que, apesar do maior investimento inicial do sistema fotovoltaico (**12.861.968,52 MZN** contra **5.697.628,00 MZN** do sistema a diesel), este se revela claramente mais vantajoso. O sistema solar proporciona uma **poupança acumulada de 10.571.341,23 MZN**, devido à eliminação de custos com combustível e à baixa exigência de manutenção. Além disso, reduz drasticamente a dependência de combustíveis fósseis e a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para práticas sustentáveis alinhadas aos compromissos ambientais globais.

Dessa forma, conclui-se que a **adopção do sistema de geração fotovoltaica não só é tecnicamente viável**, como também representa a **alternativa mais económica e ambientalmente responsável** para a Nyeleti Engenharia Lda. A escolha dessa solução

posiciona a empresa como uma referência em inovação energética, eficiência operacional e compromisso com o desenvolvimento sustentável.

5.2. Recomendações

Com base na análise da viabilidade técnica e económica dos sistemas de geração fotovoltaica e gerador a diesel para situações de emergência, são feitas as seguintes recomendações:

1. Para Grandes Consumidores (como a Nyeleti Engenharia Lda):

- **Optar por sistemas fotovoltaicos híbridos** (solar + rede), priorizando o uso da energia solar como fonte principal e mantendo a rede eléctrica como suporte ou backup, especialmente em zonas com frequentes interrupções.
- **Investir em sistemas com autonomia mínima de 2 a 4 dias**, associados a bancos de baterias dimensionados de forma adequada à carga crítica, garantindo operação contínua mesmo em falhas prolongadas da rede.
- **Priorizar transformadores próprios** e conexão em **média tensão**, o que garante melhor controlo sobre a qualidade da energia, menor perda técnica e acesso a tarifas ajustadas para grandes volumes.
- **Avaliar mecanismos de financiamento, incentivos fiscais e parcerias com empresas de energia solar**, para viabilizar o investimento inicial, que tende a ser elevado, mas altamente compensador no médio e longo prazo.
- **Incluir metas ambientais e de sustentabilidade corporativa**, aproveitando os ganhos ambientais da energia solar como parte do marketing institucional e da responsabilidade social da empresa.

2. Para Pequenos Consumidores (residências ou pequenos comércioos):

- **Começar com sistemas fotovoltaicos de menor escala (on-grid ou off-grid)** voltados para autoconsumo durante o dia, o que já permite significativa redução da factura mensal.
- **Utilizar sistemas sem baterias**, onde for viável, reduzindo o custo de investimento inicial, especialmente em locais com rede eléctrica relativamente estável.
- Para zonas com interrupções frequentes, **avaliar sistemas off-grid com pequena capacidade de armazenamento**, priorizando iluminação, refrigeração e equipamentos essenciais.
- **Aproveitar programas de subsídio, microcrédito ou financiamento verde**, promovidos por ONGs, bancos ou instituições governamentais, que tornam o acesso à energia solar mais acessível para famílias de baixa renda.
- **Realizar manutenções simples e periódicas** (como limpeza dos painéis), garantindo o bom desempenho do sistema com baixo custo.

Tanto para grandes como para pequenos consumidores, a transição para fontes renováveis é uma estratégia viável, com benefícios claros em termos económicos, energéticos e ambientais. A energia solar, quando bem dimensionada e integrada com a realidade de cada tipo de consumidor, não só reduz a dependência da rede como garante segurança energética, economia a longo prazo e compromisso com o desenvolvimento sustentável.

Para edifícios como o da Nyeleti Engenharia, que apresentam ampla utilização de fachadas envidraçadas, é recomendável considerar a adoção de uma das tecnologias sugeridas em um dos inquéritos pelo arquiteto Jaime Tivane: a utilização de vidros com capacidade de captação e geração de energia eléctrica integradas à própria fachada. Essa solução, além de promover eficiência energética, contribui para a redução do peso estrutural do edifício, eliminando a necessidade de sistemas fotovoltaicos convencionais sobre a cobertura, resultando ainda em economia no dimensionamento e execução da estrutura.

5.3. Bibliografia

- [1] Galdino, Jean Carlos da Silva. Curso: Manutenção de ferrovia – Eletrotécnica II – 2011. de PEREIRA, J. C. Motores e Geradores - Princípio de funcionamento, instalação e manutenção grupos diesel geradores, 2015. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/diesel1.pdf> >. 06 de outubro 2022.
- [2] Silva,Valter Rocha. Mestrado Nacional Profissional em ensino de física-2017.
- [3] STEMAC. Grupo gerador diesel, 2017. Disponível em: . Acesso em: 08 ago. 2015.
- [4] PEREIRA, José Claudio. Motores e geradores parte 2: princípios de funcionamento, instalação, operação e manutenção de grupos diesel geradores. [S.l.], (s.d.). Disponível em:. Acesso em: 20 nov. 2018.
- [5] PRADO, A. M. Sistema elétrico automatizado objetivando otimização na alimentação de centro de consumo. 2006.
- [6] Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia e Automação Elétricas) - Departamento de Energia e Automação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- [7] Varella, Carlos Alberto Alves; Santos, Gilmar de Souza. Noções básicas de motores dieiseis. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.
- [8] MOURA, I. A. Sistema de supervisão de grupo moto gerador. 2015. 71 p. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Tecnologia em Automação Industrial) - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- [9] Haddad, J, Martins, A. R. S. E Marques, M. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Itajubá, MG: FUPAI, 2001.
- [10] Domschke, A. G. e Garcia, O. Motores de Combustão Interna. São Paulo: Dep. De Eng. Mecânica, Escola Politécnica da USP, 1968.

[12] ALER, Energias Renováveis em Moçambique – Relatório Nacional do Ponto de Situação, 2ª Edição, 2017

[13] ALTENER, Energia Fotovoltaica: Manual Sobre Tecnologias, Projecto e Instalação, 2004

[14] De Ovelha, Rui Miguel R., Dissertação: Projecto, Dimensionamento e Instalação De Solução Fotovoltaica Numa Moradia Offgrid, Universidade de Lisboa, 2017

[15] FUNAE, Atlas das Energias Renováveis De Moçambique, 2013

[16] Jensen, Leonardo Henrique, Sistema Fotovoltaico de Fornecimento off-grid: Metodologia para o Dimensionamento de Sistema Residencial Isolado, Palhoça, 2021

[17] Pereira, Filipe Alexandre de Sousa; De Oliveira, Manuel Ângelo S., Curso Técnico Instalador De Energia Solar Fotovoltaica, 2ª Edição, Publindústria, 2015

[18] Pinho, João Tavares; Galdino, Marco Antônio, Manual De Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, Rio de Janeiro, 2014

[19] RSIUEE – Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica

ANEXOS

Anexo 1 – Imagens do novo escritório Nyeleti Engenharia Lda



Figura A1.1-1 :Novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda / Fonte: Autor



Figura A1.2- 1: Vista lateral Novo escritório da Nyeleti Engenharia Lda / Fonte: Autor

Anexo 1 – Imagens do novo escritório Nyeleti Engenharia Lda

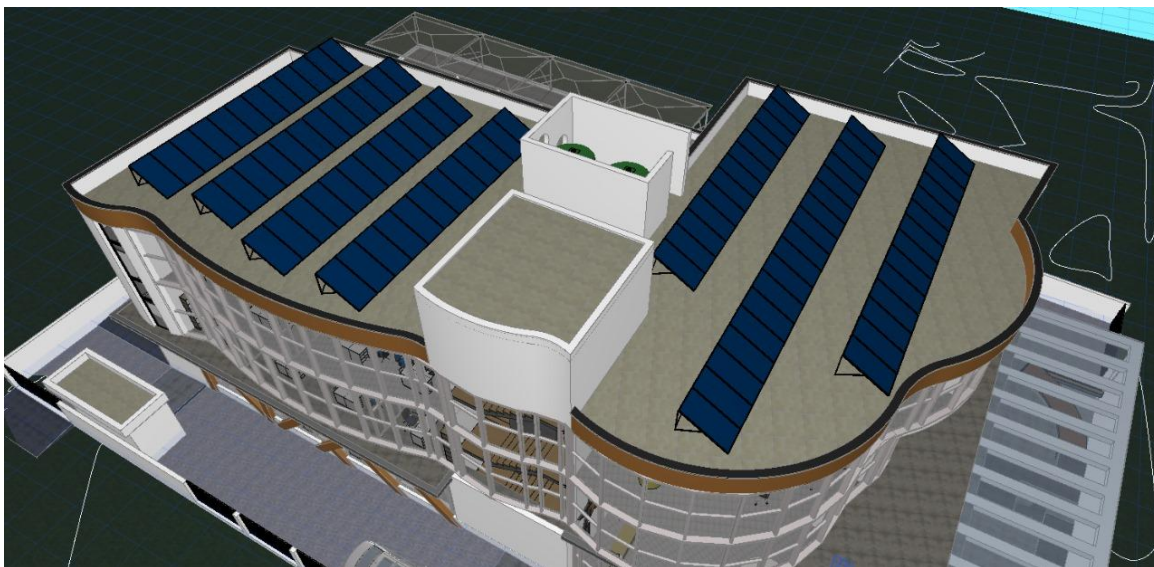


Figura A1-2: Vista de cima do escritório local aonde serra instalados os painéis solares /
Fonte:Autor

Anexo 2 – Dados do escritório

Tabela A2-3: Previsão de carga do novo escritório Nyeleti Engenharia Limitada / Fonte: Auto

Previsão de carga PISO 1								
Compartimento	Equipamento	Area (m ²)	Potenci (w)	CosØ	Potenci (kVA)	Tipo de circuito	tempo utilizacão	energia
G.Director Tecnico 3	Ar-		1000	0.8	1250	TUE	8	8000
	Computador		330	1	330	TUG	8	8000
	Diversos	24.89	100	1	100	TUG	1	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
Sala do Director Tecnico 2	Ar-		1000	0.8	1250	TUG	8	100
	Computador		330	1	330	TUG	8	8000
	Diversos	24.89	100	1	100	TUG	1	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
Sala dos Técnicos	Ar-		4000	0.8	5000	TUE	8	100
	Computador		330	1	330	TUG	8	32000
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador	80.23	330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	800
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
Sala dos Técnicos	Ar-		4000	0.8	5000	TUE	8	100
	Computador		330	1	330	TUG	8	32000
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador	80.94	330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100

Anexo 2 – Dados do escritório

Tabela A2-4: Previsão de carga do novo escritório Nyeleti Engenharia Limitada / Fonte: Auto

Sala dos Técnicos	Ar-	80.94	4000	0.8	5000	TUE	8	100
	Computador		330	1	330	TUG	8	32000
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Computador		330	1	330	TUG	8	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
S do Director1	Ar-condicionado	24.94	1000	0.8	1250	TUE	8	100
	Computador		330	1	330	TUG	8	8000
	Diversos		100	1	100	TUG	1	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
S.Dir	Secador de		800	1	800	TUG	0.1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	80
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
S.P.M.C	Secador de		800	1	800	TUG	0.5	400
	Diversos		100	1	100	TUG	1	400
S. Masculino	Secador de		800	1	800	TUG	0.5	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	400
S. Femenino	Secador de		800	1	800	TUG	0.5	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	400
Servidor	Diversos	9.08	100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	diversos		100	1	100	TUG	1	100
Sala de reunios	Ar-	47.30	2000	0.8	2500	TUE	8	100
	Computador		330	1	330	TUG	8	16000
	Viversos		100	1	100	TUG	1	2640
Sala D13	Ar-	15	750	0.8	937.5	TUE	8	100
	Computador		330	1	330	TUG	8	6000
	Diversos		100	1	100	TUG	1	2640
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
	Diversos		100	1	100	TUG	1	100
Total		129.96	29190		32728			197200

Anexo 2 – Dados do escritório

Tabela A2-5: Previsão de carga do novo escritório Nyeleti Engenharia Limitada / Fonte: Autor

Potência total em (KW)	potência total em (KVA)
118,457	135.392

Anexo 3. Orçamento

Tabela A3-6 Orçamento dos geradores fotovoltaico e diesel.

TEM	Designação da actividade	n	Qtd	P.UNIT (MZN)	P.TOTAL (MZN)
A	GERADORES DE EMERGENCIA				
A.1	GERADOR FOTOVOLTAICO				
A.1.1	Prestação de serviço de montagem e fornecimento de Painél Solar de 440Wp da Marca AE Solar com as seguintes informações técnicas: • Tipo de célula: Si-Mono PERC dopado com gálio, células meio cortadas, 166 mm • Dimensões: 2094 mm x 1038 mm x 35 mm • Nº de células: 144 • Vidro: 3,2 mm, alta transmissão, revestimento AR, temperado • Encapsulamento: EVA • Contracapa: Contracapa braca • Caixa de junção: IP68 • Quadro: Liga de alumínio anodizado de 35 mm • Cabo: 1 x 4 mm², 350 mm de comprimento ou personalizado • Conectores: Compatível com MC 4 / MC 4 • Peso: 23kg • Resistência ao granizo: máx. Ø 25 mm a 23 m/s • Carga de vento: 2400 Pa/ 244 kg/m² • Carga mecânica: 5400 Pa/ 550 kg/m² Deve incluir todos acessórios para colocar em funcionamento.	Un	90,00	36 688,288	3 301 945,92

Anexo 3. Orçamento

Tabela A3-6 Orçamento dos geradores fotovoltaico e diesel.

A.1.2	Prestação de serviço de montagem e fornecimento de Bateria de 48V. Modelo da bateria: US2000B Phantom 51Ah íões de Lítio – LFP da Marca Pylontech para instalação interior. Deve incluir todos os cabos e acessórios de ligação, conforme as peças desenhadas.	n	99,00	90 909,00	5 999 994,00
A.1.3	Prestação de serviço de montagem e fornecimento de Controlador de Carga para tensões de 12V/24V/48V, In 120A, IP33, tecnologia MPPT, programável.	n	9,00	10 2680,00	924 120,00
A.1.4	Prestação de serviço de montagem e fornecimento de Inversor: Potência de saída: 20kW, faixa de tensão: 380V a 415V, faixa de frequência: 45-65Hz, IP66 Classe I, Temp -40°C - +60°C, Icc máx de entrada 33,0-27,0 A, tecnologia MPPT.	n	6,00	370 120,10	\ 2 220 720,60
A.1.5	Fornecimento e Instalação de disjuntores de proteção entre os painéis solares e os controladores de carga de 25A, conforme especificações do projeto executivo, incluindo todos os acessórios necessários, com vista a garantir o seu bom funcionamento e a segurança do sistema	n	9,00	7 082,67	63 744,00
A.1.6	Fornecimento e Instalação de disjuntores de proteção entre os controladores de carga e as baterias de 25A, conforme especificações do projeto executivo, incluindo todos os acessórios necessários, com vista a garantir o seu bom funcionamento e a segurança do sistema	n	9,00	7 082,67	63 744,00
A.1.7	Fornecimento e Instalação de disjuntores de proteção no lado DC dos inversores 25A, conforme especificações do projeto executivo, incluindo todos os acessórios necessários, com vista a garantir o seu bom funcionamento e a segurança do sistema	n	5,00	6374,40	872,00 ³¹

Anexo 3. Orçamento

Tabela A3-6 Orçamento dos geradores fotovoltaico e diesel.

A.1.8	Fornecimento e Instalação de disjuntores de proteção no lado AC (saída dos inversores) 63A , conforme especificações do projeto executivo, incluindo todos os acessórios necessários, com vista a garantir o seu bom funcionamento e a segurança do sistema	n	5,00	5040,00	200,00	25
A.1.9	Fornecimento e montagem de Chave de transferência automática (ATS) 200A, conforme os cadernos de encargos.	n	1	230628,00	628,00	230
	TOTAL GERADOR FOTOVOLTAICO				968,52	12 861

A.2	GERADOR DIESEL					
A.2.1	Fornecimento e montagem de Grupo Gerador de emergência insonorizado de 150kVA, 3ø+N, 120kW a plena carga, 230/400 V, a diesel, capacidade mínima do tanque de combustível: 180 litros. Inclui a ligação deste ao ATS e Estabilizador, conforme os cadernos de encargos.	n	1	2 892 000,00	000,00	2 892
A.2.2	Fornecimento e montagem de Estabilizador Trifásico de 150kVA, 400V, IP 20, 3P+N+T, 50Hz.	n	3	850000 ,00	000,00	2 550
A.2.3	Fornecimento e montagem de Chave de transferência automática (ATS) 200A, conforme os cadernos de encargos.		1	230628 ,00	628,00	230

Anexo 3. Orçamento

Tabela A3-6 Orçamento dos geradores fotovoltaico e diesel.

A.2.4	Fornecimento e instalação de disjuntor de proteção, da marca Schneider, com corrente nominal de 300 A, conforme as especificações do projeto executivo. O serviço inclui todos os acessórios e componentes necessários para a correta fixação, conexão e operação do disjuntor, visando assegurar o pleno funcionamento e a segurança elétrica do sistema.	n	1	25000,00	000,00	25
	TOTAL DO GERADOR DIESEL				628,00	5 697