



UNIVERSIDADE POLITÉCNICA

A POLITÉCNICA

Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias – ISGCT

Curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica

MONOGRAFIA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA REDUNDANTE FOTOVOLTAICO
PARA O CONDOMÍNIO FAMILIAR MATOLA VILLAGE: MALHAMPSENE –
CIDADE DA MATOLA**

Manuel Eduardo Pereira Júnior

Estudante Nr: 462819

Supervisor: Eng. José Bento Machiana

Maputo, Julho de 2024



UNIVERSIDADE POLITÉCNICA

A POLITÉCNICA

Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias – ISGCT

Curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA REDUNDANTE FOTOVOLTAICO PARA
O CONDOMÍNIO FAMILIAR MATOLA VILLAGE: MALHAMPSENE – CIDADE
DA MATOLA**

Monografia a ser submetido ao Departamento de Ciências Tecnológicas e Engenharia da Universidade A Politécnica, como requisito parcial para a autorização do início do trabalho escrito de Monografia para a obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Eléctrica, sob a Orientação do Eng. José Bento Machiana.

Manuel Eduardo Pereira Júnior

Maputo, Julho de 2024

ÍNDICE

Declaração de Honra	I
Parecer do Supervisor.....	II
Dedicatória.....	III
Agradecimentos	IV
Epígrafe	V
Resumo	VI
Abstract.....	VII
Lista de Abreviaturas e Siglas	VIII
Lista de figuras e imagens	IX
Índice de tabelas	X
Índices gráficos.....	XI
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.2 Formulação do problema	2
1.3 Hipóteses	3
1.4 Justificativa.....	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 <i>Geral</i>	4
1.5.2 <i>Específicos</i>	3
CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 Conceitos	5
2.1.1 <i>Energia eléctrica</i>	5
2.1.2 <i>Energia solar</i>	5
2.2 Potencial da Energia solar em Moçambique	7
2.3 Energia solar fotovoltaica.....	7
2.4 Célula fotovoltaica.....	8
2.5 Central fotovoltaica	9
2.5.1 <i>Componentes de uma central de energia solar fotovoltaica</i>	10
2.6 Benefícios da fonte eléctrica alternativa.....	12
2.7 Factores determinantes da adopção da energia solar.....	12
2.7.1 <i>Características do adoptante e sua família</i>	13
2.7.2 <i>Factores da produção</i>	13
2.7.3 <i>Características socioeconómicas</i>	14

CAPÍTULO III: ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	15
3.1 Natureza de pesquisa	15
3.2 Abordagem da pesquisa.....	15
3.3 Objectos da pesquisa	16
3.4 Procedimentos da pesquisa.....	16
3.5 Instrumentos de recolha de dados.....	16
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	18
4.1 Estudo de Caso	18
4.2.2 <i>Utilização de energia solar no condomínio Familiar Matola Village</i>	19
4.2.3 <i>Interrupções no fornecimento de energia</i>	20
4.2.4 <i>Uso de outra fonte de energia</i>	20
4.2.5 <i>Outra fonte de energia em caso de interrupção</i>	21
4.2.7 <i>Benefícios da fonte eléctrica alternativa</i>	22
4.2.8 <i>Factores que influenciam o uso de SF no Condomínio FMV</i>	23
4.2.9 <i>Nível de sustentabilidade do uso SF</i>	24
CAPÍTULO V: DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	26
5.1 Cálculo da carga das casas.....	27
5.2 Determinação da energia diária a fornecer aos consumos (Wh)	27
5.3 Tempo de retorno de capital (Payback).....	33
CAPÍTULO VI: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	34
6.1 Conclusão	34
6.2 Recomendações	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS	36
APÊNDICES	38
ANEXOS	41

Declaração de Honra

Manuel Eduardo Pereira Júnior, declaro por minha honra que Monografia é produto da minha elucubração, nunca foi apresentada para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu labor individual.

Declaro ainda, que todas as fontes citadas ao longo do trabalho estão na referência bibliográfica como é do cunho científico.

(Manuel Eduardo Pereira Júnior)

Data: _____ de _____ 2024

Parecer do Supervisor

Eu, José Bento Machiana, Supervisor da Monografia intitulado “Dimensionamento de um Sistema Redundante Fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola”. Apreciei o trabalho não tendo assinalado incorreções de forma e nem de conteúdo, pois foram observados os procedimentos metodológicos em vigor na Universidade Politécnica para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Eléctrica, por estes motivos considero o presente trabalho apto de ser submetido a avaliação e defesa pública perante o Júri nomeado para o efeito.

O supervisor

(Eng. José Bento Machiana)

Maputo, _____ de _____ 2024

Dedicatória

Dedico esta Monografia aos meus pais, Laura João Humberto e Manuel Eduardo Pereira por estarem sempre do meu lado em todos momentos da minha vida.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela vida e saúde. Em seguida, agradeço o meu tutor Eng. José Bento Machiana, pela transmissão dos seus conhecimentos com mestria durante a elaboração da presente monografia.

Universidade A Politécnica (Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias – ISGCT), por ter-me dado a oportunidade de fazer parte da conjuntura dos futuros licenciados da sociedade moçambicana com a formação académica no ramo Curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica, não me esquecendo da gestora e os moradores do condomínio familiar Matola Village: Malhampsene pela disponibilidade em fornecer informações para a realização da pesquisa.

Quero de igual maneira, agradecer aos meus irmãos: Yasser Osumane, Anuwar Osumane, Filipe Pereira, por ter lutado de forma incondicional pela minha formação académica tendo proporcionado tudo que sempre necessitei para a conclusão da minha formação.

Agradecer aos meus amigos e colegas: Laura José Caetano, Suneyda Osumane, Homayra Osumane, Roberto António Nguenha, Ernesto Machava e Jeremias Inguane, pela força que sempre têm-me dado.

Sendo esta, uma ocasião especial, gostaria de agradecer a todos que directa ou indirectamente que contribuíram para a minha formação académica.

Epígrafe

“O nome do Senhor é uma fortaleza de refúgio; nela, o justo vai procurar segurança.”

Provérbios

Resumo

O uso da energia solar fotovoltaica é uma alternativa sustentável para a produção de energia elétrica, sendo uma fonte limpa e renovável. Perante a este facto, desenvolve-se este estudo subordinado ao tema: “Dimensionamento de um Sistema Redundante Fotovoltaico no Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola”. A pesquisa busca dimensionar um sistema redundante fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola como forma de garantir a continuidade e os baixos custos no fornecimento de energia eléctrica. Também procura apresentar os benefícios do sistema redundante fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola; descrever os factores que podem influenciar o uso do sistema redundante fotovoltaico no Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola; e avaliar o nível de sustentabilidade do uso do sistema redundante fotovoltaico como energia alternativa no Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola. É notório que a energia solar fotovoltaica tem contribuído para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Comparada a outras fontes, como hidrelétrica e termelétrica, apresenta impactos socioambientais de baixa escala, a sustentabilidade é promovida pela energia solar, reduzindo as emissões e a poluição atmosférica. Diante disso, propõem-se ao condomínio familiar Matola Village o uso do sistema *off grid*, por este depender unicamente da radiação solar para gerar energia eléctrica através dos painéis fotovoltaicos. Esse tipo de sistema, geralmente, possui um sistema de armazenamento de energia constituído por um banco de baterias, dependendo da aplicação de controladores de carga e inversores CC/CA.

Palavra-chave: Dimensionamento, energia solar, fotovoltaico.

Abstract

The use of photovoltaic solar energy is a sustainable alternative for the production of electricity, being a clean and renewable source. In view of this fact, this study is developed under the theme: “Sizing of a Redundant Photovoltaic System in the Matola Village Family Condominium: Malhampsene – City of Matola”. The research seeks to design a redundant photovoltaic system for the Matola Village Family Condominium: Malhampsene – Cidade da Matola as a way to ensure continuity and low costs in the supply of electricity. It also seeks to present the benefits of the redundant photovoltaic system for the Matola Village Family Condominium: Malhampsene – City of Matola; describe the factors that can influence the use of the redundant photovoltaic system in the Matola Village Family Condominium: Malhampsene – Cidade da Matola; and assess the level of sustainability of the use of the system redundant photovoltaic as alternative energy in the Matola Village Family Condominium: Malhampsene – City of Matola. It is well known that photovoltaic solar energy has contributed to the reduction of greenhouse gas emissions. Compared to other sources, such as hydroelectric and thermoelectric plants, which have low-scale socio-environmental impacts, sustainability is promoted by solar energy, reducing emissions and air pollution. In view of this, it is proposed to the Matola Village family condominium the use of the off-grid system, as it depends solely on solar radiation to generate electricity through photovoltaic panels. This type of system usually has an energy storage system consisting of a battery bank, depending on the application of charge controllers and DC/AC inverters.

Keyword: Sizing, solar energy, photovoltaic.

Lista de Abreviaturas e Siglas

%	Percentagem
AC	Corrente Alternada
B	Boro
CC	Corrente Continua
EDM	Electricidade de Moçambique
P	Fósforo
SF	Sistema Fotovoltaico
SI	Silício
WP	Potência Eléctrica de Pico

Lista de figuras e imagens

Figura 1: Célula fotovoltaica.....	9
Figura 2: Proposta de Central fotovoltaica para o condomínio familiar Matola Village	10
Figura 3: Esquema sistema off grid	27
Figura 4: Esquema das ligações para o projecto de carga geral com fluorescentes.....	30

Índice de tabelas

Tabela 1: Vantagens e desvantagens do sistema <i>off grid</i>	27
Tabela 2: Equipamentos utilizados e necessidades de consumo	27
Tabela 3: Estimativa de Custos (Orçamento), do Material Necessário Para a Instalação do Novo Sistema Redundante Fotovoltaico	32
Tabela 4: Categorias tarifárias: social, doméstica, agrícola e geral (Baixa Tensão).....	34

Índices gráficos

Gráfico 1: Ano de moradia no condomínio	19
Gráfico 2: Utilização de energia solar no condomínio Familiar Matola Village	19
Gráfico 3: Interrupções no fornecimento de energia.....	20
Gráfico 4: Uso de outra fonte de energia.....	22
Gráfico 5: Outra fonte de energia em caso de interrupção	21
Gráfico 6: Gasto médio mensal de energia em kWh.....	22
Gráfico 7: Benefícios da fonte eléctrica alternativa.....	24
Gráfico 8: Factores que influenciam o uso de Sistema RF no Condomínio FMV	25
Gráfico 9: Nível de sustentabilidade do uso FMV	25

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

O ser humano sempre dependeu da energia para desenvolver e preparar os seus alimentos, para iluminar as suas residências e locais de trabalho e nos últimos tempos para manutenção e crescimento das suas indústrias e/ou fábricas, etc. Na natureza, são várias as fontes que oferecem energia aos seres humanos. Fala-se de fontes renováveis e não-renováveis de energia. Ambas fontes apresentam as suas vantagens assim como desvantagens, cabendo ao Homem fazer a escolha que mais lhe é conveniente.

O sol, as águas do mar, o vento, a biomassa, entre outros são considerados como sendo fontes renováveis de energia, pois o seu uso não tem fim. Ao contrário das fontes renováveis de energia, de uma forma simples e geral pode-se dizer que fontes não-renováveis de energia são aquelas que quando utilizadas não podem ser repostas pela acção humana dentro de um prazo útil. Os combustíveis fósseis (CF) assim como os combustíveis nucleares (CN) são considerados como sendo fontes não-renováveis de energia, pois a capacidade de renovação dessas fontes é muito reduzida comparando com o uso que delas são feitas.

Moçambique é um País onde a principal fonte de energia eléctrica vem de centrais hidroeléctricas e durante anos, o uso racional da energia eléctrica não era um factor que preocupava a sociedade moçambicana, mas com as mudanças climáticas, o encarecimento dos combustíveis fósseis, o crescimento industrial e a preocupação ambiental, todos somos incentivados a adoptar práticas que levem ao uso mais inteligente da energia eléctrica, diante disso elaborou-se a presente pesquisa subordinada ao tema: “*Dimensionamento de um Sistema Redundante Fotovoltaico no Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola*”.

O consumo sustentável de energia está directamente relacionado a factores cada vez mais complexos e variados, os quais necessitam ser estudados e inovados. Seguindo esse propósito, esse trabalho tem por objectivo o estudo de caso do consumo de energia eléctrica do condomínio de residência familiar, localizada na cidade da Matola. O estudo será realizado com a intenção de promover sugestões de mudanças de hábitos para a família visando à diminuição do custo do consumo de energia eléctrica das residências.

1.2 Formulação do problema

O consumo consciente de energia reduz o desperdício de recursos naturais e contribui para a sustentabilidade. Além de afectar significativamente o bolso do consumidor, que já sofre com todos os reflexos da crise económica, o desperdício de recursos naturais causa grandes impactos ao meio ambiente, visto que, a água está directamente ligada à energia eléctrica, pois a principal fonte geradora nacional são as hidroeléctricas.

Tais impactos negativos ganham destaque a partir do momento em que os recursos começam a faltar, e as pessoas se sentem cada vez mais, pessoalmente atingidas despertando para a realidade que já assola o mundo. O grande desafio do desenvolvimento sustentável envolve desafios a serem superados. Os novos hábitos e costumes da população estão começando a reflectir em busca da responsabilidade sócio ambiental, considerando as acções e posturas sustentáveis como ferramentas que busquem minimizar os impactos negativos do consumismo, da exploração ou mau uso dos recursos naturais, essencialmente a energia eléctrica.

Segundo a Política de Habitação, do Ministério de Obras Públicas e Habitação (MOPH) (2010), apenas 29.8% dos habitantes de Moçambique é que vivem nas zonas urbanas, estando os restantes 70.2% habitantes nas zonas rurais onde as condições de vida ainda não são as desejadas. De acordo com a mesma fonte, zonas rurais são aquelas que para além do seu carácter disperso em termos de fixação da população, caracterizam-se também por uma fragilidade de integração dos assentamentos humanos no conjunto da vida económica, social e cultural do país assim como pelo baixo nível de desenvolvimento que não permite a realização de investimentos para elevar a qualidade de vida dos assentamentos humanos.

Como consequência, nos últimos 45 anos o país registou um total de 53 calamidades, que afectou na vida socioeconómica e saúde de mais de 8 milhões de habitantes. Maior parte de emissões de gases de estufa, estimada em aproximadamente 3519 x 10 toneladas em média por ano provém da procura energética nacional (Siteo, Salomão e Kanounnikoff, 2012).

Para amenização do cenário que se vive e abala uma percentagem maior da população moçambicana, assume-se a existência de directrizes políticas rígidas para um planeamento energético eficaz, visando uma adopção da energia solar pelas vantagens económicas e ambientais que apresenta em relação as outras fontes predominantes.

Diante desta problemática, residiu a motivação para a realização do estudo em evidência, visando necessariamente, determinarem-se os reais factores que influenciam o processo da adopção da energia solar. O estudo tem como finalidade promover a adopção da energia solar. Tendo em conta as suas vantagens e exequibilidade no meio onde o acesso à energia da rede nacional é notório e sensibilizar o adoptante a mudar o seu comportamento em relação adopção. De modo a contribuir na efectivação das acções que possam resultar no desenvolvimento local. Perante os factos levantados anteriormente, questiona-se o seguinte:

- Será que o sistema redundante fotovoltaico pode ser fonte de energia sustentável no Condomínio Familiar Matola Village?

1.3 Hipóteses

H₁: O dimensionamento de um sistema fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village pode permitir com que exista uma outra fonte de energia eléctrica que pode diminuir os custos e garantir a continuidade no fornecimento de energia eléctrica em caso de corte.

H₂: O dimensionamento de um sistema fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village não permite com que exista uma outra fonte de energia eléctrica que pode diminuir os custos e garantir a continuidade no fornecimento de energia eléctrica em caso de corte.

1.4 Justificativa

A escolha do tema deve-se ao facto da fonte de energia adoptada até aos dias de hoje (fotovoltaica) ter sido a mais conveniente, quer pela localização assim como pela facilidade do seu uso. E ao que se nota, o uso dessas fontes primitivas está longe de desaparecer, pois é elevada a quantidade da população mundial que ainda depende. Este trabalho apresenta como características buscar subsídios e benefícios para a estruturação de acções e posturas sustentáveis, através da sensibilização e palestras de educação do uso racional da energia eléctrica e de energia solar.

Este tema é pertinente no âmbito académico, pois ele desafia a comunidade académica a trazer soluções acessíveis face a essa realidade, a crise financeira e a pandemia do corona vírus, visto que durante o período de quarentena o consumo de energia aumentou significativamente, e para

garantir a preservação ambiental para gerações futuras, o consumo consciente de energia é uma necessidade.

O presente estudo é pertinente, pois com os seus resultados será possível verificar que tipo de energia é mais usado, no Condomínio Familiar Matola Village – Cidade da Matola tem em relação aos assuntos ligados as fontes renováveis e não-renováveis de energia e em função destes resultados tomar as decisões certas, por quem de direito, de forma a ter um distrito e porque não um país, em que as fontes de energia estão a ser devidamente aproveitadas.

1.5 Objectivos

1.5.1 Geral

Dimensionar um sistema redundante fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola como forma de garantir a continuidade e os baixos custos no fornecimento de energia eléctrica.

1.5.2 Específicos

- Apresentar os benefícios do sistema redundante fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola;
- Descrever os factores que podem influenciar na aplicação e instalação do sistema redundante fotovoltaico no Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola; e
- Avaliar o nível de sustentabilidade do uso do sistema redundante fotovoltaico como energia alternativa no Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola.

CAPÍTULO II: REVISÃO DA LITERATURA

Nesta etapa em primeiro lugar é definida a energia solar, assim como é demonstrado o funcionamento e a composição dos sistemas fotovoltaicos.

2.1 Conceitos

2.1.1 Energia eléctrica

A energia eléctrica é uma forma de energia que surge do potencial eléctrico, baseada na geração: de diferenças de potencial eléctrico permitindo assim estabelecer uma corrente eléctrica entre dois pontos. Mediante a transformação adequada é possível obter tal energia que se mostra em outras formas de energia de uso directo, tais como luz, movimento ou calor, segundo os elementos da conservação da energia (Zomers, 2001).

Esta energia, é uma das formas de energia que a humanidade mais utiliza na actualidade, graças a sua facilidade de transporte assim como o baixo índice de perdas energética durante as conversões. Pelo que:

A energia eléctrica é obtida principalmente através de centrais termoeléctricas, centrais hidroeléctricas, centrais eólicas e centrais solares, nucleares, ou por meio de um gerador eléctrico a um motor de combustão interna (Zomers, 2001).

2.1.2 Energia solar

Ferreira, Mineiro e Veiga (2010) e Vanni (2012), definem a energia solar como a energia electromagnética do sol, que é produzida através de reacções nucleares, ela é propagada através do espaço interplanetário e incide na superfície da terra. A disponibilidade de energia solar varia em decorrência das estações do ano (mínimo no inverno e máximo no verão), bem como do clima do local.

Na perspectiva destes autores a energia gerada pelas placas solares e levada ao inversor, equipamento responsável por transformar a corrente eléctrica contínua em alternada e, então, ser distribuída para o local de consumo e utilizada pelos equipamentos. Portanto, é importante

ressaltar que existem outros tipos de energia solar, como por exemplo, a energia termos solar e a energia heliotérmica.

No seu movimento de translação ao redor do Sol, a Terra recebe 1410 W/m^2 de energia, medição feita numa superfície normal (em ângulo recto) com o Sol. Disso, aproximadamente 19% é absorvido pela atmosfera e 35% é reflectido pelas nuvens. Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar está na forma de luz visível ou luz ultravioleta. (AMES-M FORMAÇÃO PROFISSIONAL FV).

Segundo Borges Neto e Carvalho (2014), o Sol é a grande fonte primária de energia do planeta Terra. Todo ano o Sol fornece a atmosfera terrestre aproximadamente $1,5125 \times 10^{18} \text{ kWh}$ de energia. A radiação solar é importante como fonte de energia para vários fenómenos atmosféricos e terrestres, tais como a formação das zonas de altas pressões, responsáveis pelos fluxos de vento, correntes oceânicas, conversão de biomassa, processo de evaporação, entre outros. A energia do sol é a responsável de forma indirecta pela maior parte da energia disponível na terra.

A abordagem trazida por Borges Neto e Carvalho (2014), defende que antes de atingir o solo, as características da radiação solar, como intensidades, distribuição espectral e angular, são afectadas por interacções com a atmosfera devido aos efeitos de espalhamento e absorção. Estas modificações dependem da espessura da camada atmosférica.

A absorção natural de energia solar acontece na atmosfera, nos oceanos e nas plantas. Além disso, esta energia pode ser captada de modo artificial, com o uso de dispositivos que recebem o nome de colectores solares. A intensidade real disponível na superfície terrestre é menor do que a constante solar por causa da absorção (Vaz, 2008).

Portanto, neste trabalho é considerado o sistema fotovoltaico que gera a energia solar através de painéis solares. Por constituir uma alternativa de geração de electricidade para diversas aplicações, geralmente usados para lugares isolados, ou que não tem possibilidade de fornecimento da energia convencional.

2.2 Potencial da Energia solar em Moçambique

De acordo com o decreto N°62/2007, em média a radiação solar global no País é de 5,7kWh/m²/dia, com uma média mínima de 5,2kWh/m²/dia, em Pemba (província de Cabo Delgado) e Maniquenique (Chimoio na província de Manica).

Este recurso, ainda não largamente explorado, não só detém um enorme potencial para o abastecimento energético de pequena escala, fora da Rede Nacional de Transporte (RNT) para a população dispersa do país, mas também poderá contribuir significativamente para satisfazer a necessidade de procura de energias eléctrica a nível nacional e dos países da região.

Se a tecnologia adoptada permitir que essa energia seja dispersa, esta não poderá contribuir significativamente para satisfazer a necessidade de procura de energias renováveis a nível nacional e dos países da região, pois é preciso que a energia esteja disponível quando e onde for necessária.

Moçambique, especificamente nas localidades de Mavume, Tsenane e Tome do distrito de Funhalouro, há muita escassez no acesso à energia de rede nacional.

2.3 Energia solar fotovoltaica

Segundo Villalva e Gazoli (2012), inicialmente as células fotovoltaicas foram utilizadas em aplicações da indústria aeroespacial. A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através do efeito fotovoltaico que é o processo de conversão directa da luz em electricidade quando surge uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. Esse efeito foi relatado pelo físico francês Edmond Becquerel, em 1839 (Abreu, 2010).

O primeiro aparato fotovoltaico foi montado em 1876, em 1956 iniciou-se a produção industrial seguindo o desenvolvimento da microelectrónica. O cientista polonês Czochralski desenvolveu um método para fabricar cristais de silício, que são hoje a base da indústria de semicondutores para componentes electrónicos e células fotovoltaicas.

Recentemente, o interesse por fontes alternativas e menos poluidoras de energia motivou e impulsionou a pesquisa e o desenvolvimento de células fotovoltaicas mais eficientes e baratas.

O material mais utilizado na fabricação de células é o silício, e as células fabricadas com esse material predominam no mercado, pois a tecnologia de fabricação já está bem desenvolvida e conta com matéria-prima barata e abundante.

2.4 Célula fotovoltaica

Uma célula fotovoltaica, é um dispositivo electrónico semiconductor que capta energia solar e a transforma em energia eléctrica. A primeira célula fotovoltaica da história foi criada em 1889 por um americano chamado Charles Fritts, feita de Selénio e Ouro, cuja eficiência era de 1% (Zomers, 2001). Actualmente existem vários tipos de células fotovoltaicas feitas de diversos materiais.

As células são agrupadas para formar unidades maiores chamadas módulos solares, cujos combinados constituem o painel solar. Cada célula gera alguma tensão, portanto o trabalho de um painel solar é associar a energia eléctrica produzida por muitas células para garantir uma quantidade útil de energia. A maior parte das células fotovoltaicas fabricadas e comercializadas são feitas de silício (SI). O silício no seu estado intrínseco é electricamente neutro. Na fabricação de células fotovoltaicas o silício é dopado com elementos como o fósforo (P) e o Boro (B). Essa dopagem¹ cria duas camadas opostas do semiconductor, uma positiva (tipo P, com falta de electrões) e uma negativa (tipo N, com electrões em excesso).

Essas camadas são colocadas juntas dentro da célula, com a negativa na parte de cima e a positiva na parte de baixo, e uma fina grade unindo as duas, ilustrado na figura abaixo.

¹ Dopagem electrónica consiste num procedimento de adição de impurezas químicas a um elemento semiconductor para transformá-lo num elemento mais condutor, porém, de forma controlada.

Figura 1: Célula fotovoltaica



Fonte: blog.bluesol.com.br

Quando os fótons atingem a célula, eles reagem com os átomos de silício dopado e fazem com que os electrões do lado negativo se desprendam. Esses electrões não conseguem passar directamente para o lado positivo, e vice-versa, devido a um campo eléctrico que se cria nessa área de junção. Assim, o único caminho para eles é através da fina grade que une as camadas e que cria a corrente eléctrica que chamamos de energia solar fotovoltaica (Zomers,2001).

2.5 Central fotovoltaica

Uma estação de energia fotovoltaica também conhecida como central de energia solar, é um sistema de energia fotovoltaica conectado à rede em grande escala projectado para o fornecimento de energia comercial. Eles deferem se, da energia solar descentralizada que é montada em edifícios, porque fornecem energia no nível da concessionária, e não para um ou usuários locais (Hourcade,1990).

O funcionamento de uma central fotovoltaica começa nos módulos solares, formados por células solares, que transformam a energia solar em electricidade em corrente contínua (efeito fotovoltaico), continua nos inversores solares, que passam de corrente contínua (DC) para corrente alternada (AC) e, finalmente, que a electricidade vá para a rede de distribuição eléctrica. Na figura abaixo. São ilustrados os componentes que integram uma central fotovoltaica.

Figura 2: Proposta de Central fotovoltaica para o condomínio



Fonte: BBVA, 2022

2.5.1 Componentes de uma central de energia solar fotovoltaica

Os componentes de uma central solar fotovoltaica são, em geral:

1. **Módulos fotovoltaicos:** O **módulo fotovoltaico**, é chamado popularmente de módulos fotovoltaicos, é a teia de aranha que captura a energia solar para iniciar o processo da sua transformação em energia sustentável. O material semiconductor que o reveste (geralmente o silício, o elemento na base das células solares individuais) é sensível à luz e gera electricidade quando é atingido pela radiação solar, graças ao fenómeno físico conhecido como efeito fotovoltaico. (Pinho & Galdino, 2014).

Segundo A. Luque e S. Hegedus (2011) um módulo fotovoltaico é um conjunto de células solares conectadas electricamente e montadas em uma estrutura de suporte para formar uma unidade que pode ser utilizada para gerar electricidade a partir da luz solar.

O módulo fotovoltaico é identificado pela sua potência eléctrica de pico (Wp), tensão, corrente, etc. e estas definições de grandezas eléctricas são determinadas nas condições padronizadas de ensaio (STC), onde este módulo é submetido a uma irradiação solar de 1000W/m^2 sob uma distribuição espectral padrão para AM 1,5 e temperatura de célula de $25\text{ }^\circ\text{C}$ (Pinho & Galdino, 2014).

2. **Estruturas:** é onde são montados os módulos fotovoltaicos. Geralmente feito de alumínio e fixado ao solo ou ao telhado, com ou sem inclinação definida dependendo do projecto. Os rastreadores solares também podem ser incluídos aqui, como outros tipos de suportes solares.
3. **Cabo solar:** é a conexão eléctrica necessária para transportar a electricidade gerada pela central fotovoltaica e entre seus componentes.
4. **Inversor fotovoltaico:** é um aparelho eletrónico conversor CC-CA que fornece energia eléctrica em corrente alternada (CA) a partir de uma fonte de energia eléctrica em corrente contínua (CC), como os módulos fotovoltaicos. Funcionando como um gerador de corrente, o inversor fotovoltaico conectado à rede depende da tensão eléctrica da concessionária para gerar energia eléctrica e deve ser dimensionado para atender à tensão eléctrica local, bem como à frequência e ao conteúdo harmónico adequado às cargas envolvidas no projecto.
5. **Centro de transformação:** é responsável por adaptar a corrente alternada (CA), proveniente dos inversores solares, às condições necessárias para seu transporte na rede eléctrica de distribuição. A sua utilização não é necessária no caso de instalações off-grid (Pinho & Galdino, 2014).

Os semicondutores empregados nos inversores fotovoltaicos em uso geral são de tecnologias tipo MOSFET ou IGBT e para sistemas com potências maiores capaz de suportar tensões e correntes elevadas faz-se o uso de semicondutores tiristorizados como o SCR, TRIAC e GTO (Pinho & Galdino, 2014).

6. **Baterias:** apenas no caso de a central fotovoltaica necessitar de armazenamento de energia para utilização posterior. No âmbito da utilização de sistemas fotovoltaicos autónomos para a alimentação de instalações domésticas, é normalmente comum acontecer que a produção e o consumo de energia tenham valores diferentes tanto ao longo do dia, quanto ao longo do ano. Neste cenário, o armazenamento de energia eléctrica assume um vector absolutamente incontornável. Neste contexto, as baterias representam uma via pela qual é possível efectuar o armazenamento de energia, já que são capazes de transformar directamente a energia eléctrica em energia potencial química e posteriormente converter, directamente, a energia potencial química em energia eléctrica.

2.6 Benefícios da fonte eléctrica alternativa

O benefício associado à preservação do meio ambiente está relacionado ao fato de se evitar a construção de novas centrais hidroeléctricas, com isso é preservada a fauna e a flora (Borges et al., 2011). Neste sentido, há protecção do meio ambiente e garantimos um desenvolvimento sustentável.

As acções de eficiência energética podem ser vistas como uma forma de produção de energia descentralizada, tendo como consequência o aumento da mesma. Isso porque tais acções podem contribuir para a redução de emissão de CO₂ e outros gases que agravam o efeito estufa.

Segundo (Som & Circuitos, 2024), a manutenção dos sistemas é bastante durável. Estima-se que os módulos fotovoltaicos normalmente têm garantia de 20 a 30 anos de vida útil. Os dispositivos electrónicos (inversor, controlador de carga) têm vida útil superior a 10 anos. Um dos pontos fracos do sistema são as baterias, podendo durar de 4 a 5 anos (baterias de excelente qualidade poderão durar 7 anos).

As exigências na manutenção são mínimas; os módulos fotovoltaicos são geralmente limpos pela ocorrência natural de chuva, mas em locais de muito pouca pluviosidade podem necessitar de limpeza frequente. As baterias, caso não seja selada, necessitam de reposição constante de água destilada - 6 meses em média (Paradis, 2015).

Neste sentido, a sustentabilidade é um princípio fundamental que visa alcançar um equilíbrio duradouro entre o progresso económico, o bem-estar social e preservação do meio ambiente a longo prazo. A incorporação da energia solar fotovoltaica desempenha um papel crucial na redução das emissões de gases de efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global, ao mesmo tempo em que minimiza a poluição atmosférica proveniente das fontes de energia que utilizam combustíveis fósseis (HCC, 2022).

2.7 Factores determinantes da adopção da energia solar

A adopção de sistemas fotovoltaicos pelos consumidores é influenciada por diversos factores. Um deles é o conhecimento prévio sobre a tecnologia, ou seja, quanto mais informados os consumidores estiverem sobre a energia solar fotovoltaica, maior a probabilidade de adoptarem

essa fonte de energia renovável. Além disso, a percepção dos benefícios e desvantagens, as barreiras financeiras e regulatórias, a confiabilidade e a disponibilidade da tecnologia também desempenham um papel importante na decisão de adoptar sistemas fotovoltaicos (Silva, 2021).

Para Giampietro e Racy (2004), vários determinantes da adopção da energia solar têm sido apresentados em estudos de economia e sociologia rural. Os mais comuns são: disponibilidade de mão-de-obra e capital humano. É possível agrupar esses factores segundo a natureza das variáveis envolvidas: Características do adoptante e sua família, características socioeconómicas, entre outras.

Segundo Souza (2018), os factores que influenciam a adopção de sistemas fotovoltaicos incluem:

- A falta de conhecimento sobre a tecnologia podendo afectar a disposição da comunidade para investir em sistemas fotovoltaicos, bem como suas expectativas sobre os benefícios e limitações deste sistema;
- A falta de incentivos governamentais, como programas de incentivo fiscal e subsídios, influencia positivamente a adopção de sistemas fotovoltaicos;
- A disponibilidade de recursos financeiros, como crédito e financiamento, facilita a adopção e,
- As condições climáticas da região, como a incidência solar e as variações sazonais, podem afectar a eficiência dos sistemas fotovoltaicos e sua viabilidade económica.

2.7.1 Características do adoptante e sua família

Filho et al (2011), argumenta que as características do adoptante e sua família ajudam a entender o processo de adopção e difusão tecnológica. Sistemas de produção, composto por variáveis relacionadas com a idade, género e tamanho da família, podem explicar a adopção tecnológica.

2.7.2 Factores da produção

Segundo Roger (2003), os adoptantes mais jovens adoptam-se com maior probabilidade. A idade dos adoptantes relaciona-se com a receptividade do adoptante à mudança e com o seu grau de risco. Khana, Epouhe e Hornbacker, (1999), admitem que, na medida em que a idade aumenta, o horizonte temporal para usufruir dos benefícios da adopção diminui e o conhecimento das práticas instaladas é maior, isto cria desincentivo à adopção.

Segundo Khana, Epouhe e Hornbacker (1999), idade é positivo na adopção de práticas sustentáveis, pois pode indicar maior capacidade de gestão, por outro, indivíduos mais velhos podem ser menos energéticos e/ou ter um horizonte de planeamento mais curto. Indivíduos mais jovens são mais facilmente atraídos por novidades e, mais provavelmente, serão os primeiros a adoptar.

O Tamanho da família e género estão ligados à exploração e ao contributo de cada um dos seus membros como força de trabalho, conforme, aumenta a dimensão da família com o género masculino e diminui o género feminino. Se isso não causar restrições financeiras importantes, para Dinis (2007), será de esperar que aumente a probabilidade de adopção, não só porque aumenta a mão-de-obra disponível para trabalhar na exploração, mas também porque redobra a necessidade de aumentar a produção para fazer face a necessidades familiares acrescidas.

A energia solar possui um papel importante na determinação do desempenho económico-financeiro do investidor, pois permite elevar a produtividade. Em relação à esta energia, interessa apontar que os efeitos esperados nem sempre correspondem às principais necessidades dos adoptantes. Em muitos casos, não atendem aos seus interesses, seja porque implicam em assumir riscos financeiros acima do nível considerado aceitável.

Feder, Just e Zilberman (1985), argumentam que a necessidade de levar a cabo investimentos fixos pode impedir os indivíduos que vivem directamente dos resultados da energia solar a adoptarem as inovações com rapidez. O acesso diferenciado ao capital é um factor de diferenciação nas taxas de adopção. Um dos exemplos é poder económico dos indivíduos e as políticas do governo que na realidade definem a aquisição da energia solar.

2.7.3 Características socioeconómicas

As variáveis relacionadas às características socioeconómicas e condição individual ajudam a explicar porque um indivíduo adopta a energia solar e seu vizinho, sob semelhantes condições climáticas, por exemplo, não adopta ou não considera a adopção como uma boa oportunidade. Utilizando-se de conceitos estudados nas áreas de economia, sociologia e psicologia social, nesta secção são discutidas variáveis relacionadas ao capital humano.

CAPÍTULO III: ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo é dedicado ao tipo de pesquisa quanto a natureza, quanto abordagem, quanto aos objectivos e quanto aos procedimentos. Consta nas mesmas ideias de vários autores sobre metodologia de investigação científica.

3.1 Natureza de pesquisa

No que diz respeito à natureza da pesquisa, o estudo foi de natureza aplicada, pois fundamentou-se pela necessidade de solucionar problemas reais, mais ou menos imediatos, e apresenta finalidade prática.

Segundo Barros e Lehfeld (1990), a pesquisa aplicada, também conhecida como pesquisa prática, é instigada pela necessidade do pesquisador aplicar de forma imediata os seus resultados.

Com esta pesquisa pretendeu-se dimensionar um sistema fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village que irá permitir com que exista uma outra fonte de energia eléctrica que pode diminuir os custos e garantir a continuidade no fornecimento de energia eléctrica em caso de corte.

3.2 Abordagem da pesquisa

Na realização do presente trabalho de pesquisa foi usada pesquisa de carácter qualitativo e quantitativo. Para Lakatos & Marconi (2009, p.269), “o método qualitativo preocupa-se em analisar e interpretar aspectos mais profundos relacionados com o objecto em estudo, descrevendo a complexidade do comportamento humano, e o método quantitativo representam a informação de características susceptíveis de serem medidas, apresentando-se com diferentes intensidades que pode ser de natureza discreta ou contínua.”

Segundo Besta (1975), a pesquisa quantitativa é aquela que faz a descrição, registos, análises e interpretação de fenómenos actuais objectivando o seu funcionamento no presente. A pesquisa quantitativa aplicar-se-á com auxílio de procedimentos matemáticos e estatísticos através de ferramentas informáticas como os programas *Microsoft Excel* e *SPSS* para a interpretação.

Segundo os autores a pesquisa é qualitativa, pois apresentou uma abordagem qualitativa, isto é, qualificou-se o sistema redundante fotovoltaico se é aplicável para Condomínio Familiar Matola Village e por sua vez quantificou-se quantos painéis solares e inversores (Inversor solar Central) serão necessários para o dimensionamento deste sistema.

3.3 Objectos da pesquisa

Portanto, o objecto deste estudo foi dimensionar um sistema redundante fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola.

3.4 Procedimentos da pesquisa

Pesquisa foi bibliográfica e documental. Pesquisa bibliográfica: na primeira fase da implementação do projecto, recorreu-se a pesquisa bibliográfica, em que o pesquisador procurou algumas abordagens de vários autores que relataram factos sobre o tema em estudo.

De acordo com Gil (2008, p.50), “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir do material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. Com este tipo de pesquisa baseou-se na leitura de referências teóricas já publicadas tais como obras científicas, documentos e consulta na internet de matérias que versam sobre o tema em estudo, com um reconhecimento científico, para fundamentação do problema identificado.

A pesquisa foi também documental, que para Oliveira (2011, p.87), “a pesquisa documental, consiste na colecta de dados em fontes primárias, como documentos escritos ou não, pertencentes a arquivos públicos e fontes estatísticas como documentos de funcionamento (relatórios, decretos) relacionado com o tema em análise”.

3.5 Instrumentos de recolha de dados

Quanto aos instrumentos de recolha de dados para esta pesquisa, destacou-se a observação sistemática e entrevista. A escolha da observação como instrumento de recolha de dados deve-se ao facto de além de ver e ouvir, pode-se examinar factos ligados à pesquisa, o que permite a participação real do pesquisador no local da pesquisa e aprofundar mais acerca do problema, proporcionando uma visão ampla acerca do fenómeno.

Observação directa é aquela em que o pesquisador procura observar no terreno (Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola) para melhor compreender as causas do fenómeno ou problema de estudo, abstendo-se de anotações e possíveis conclusões. Neste contexto, a aplicação deste método consistiu em algumas visitas no Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola, para observar o posto de transformação e fontes de energia eléctrica, o seu estado e as condições de seu funcionamento e o método de monitoramento.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Este capítulo refere-se à avaliação do nível de sustentabilidade do uso do sistema redundante fotovoltaico como energia alternativa no Condomínio Familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola. Também, refere-se a apresentação do estudo de caso, composição dos sistemas de geração solar fotovoltaicos, determinação dos índices de mérito e perdas por temperatura.

4.1 Estudo de Caso

O presente estudo foi realizado no Condomínio Familiar Matola Village, que cita Malhampsene – Cidade da Matola. O Condomínio tem uma área de 2.000.00m², também, possui 60 casas do tipo três (3), um campo de futebol, um parque, infantil. Porém, para esta pesquisa foram estudadas 15 casas, devido a ausência dos donos das demais casas.



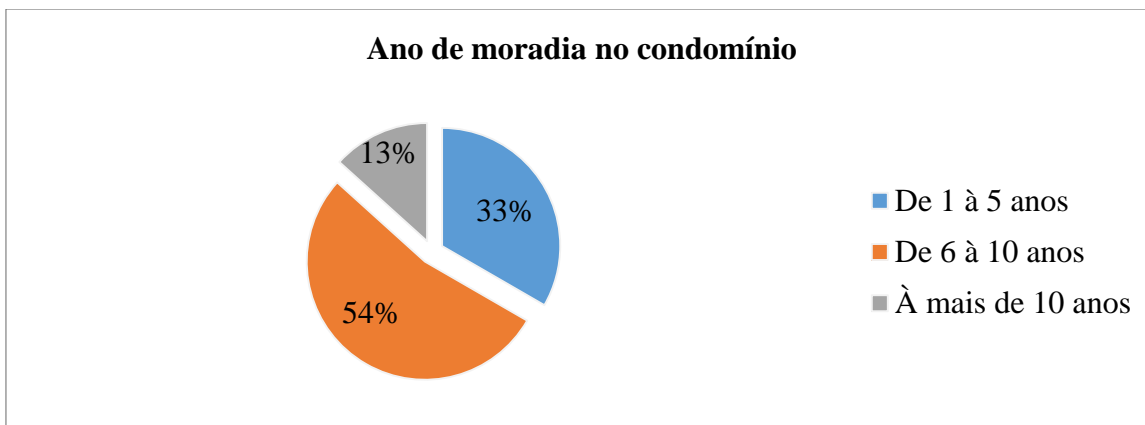
Fonte: Autor da pesquisa

4.2 Análise e interpretação dos resultados

4.2.1 Ano de moradia no condomínio

Para conhecermos o tempo de moradia no condomínio Familiar Matola Village submetemos os moradores a uma entrevista, e obtivemos os resultados que estão ilustrados no gráfico 1.

Gráfico 1: Ano de moradia no condomínio



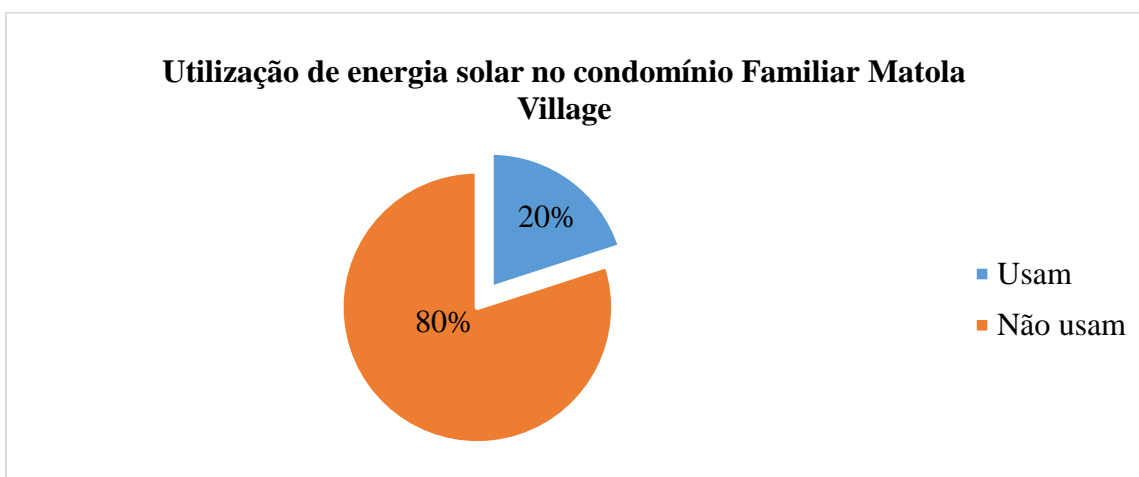
Fonte: Autor da pesquisa com base a entrevista, 2023

Como ilustra o gráfico acima 33% dos moradores que moram no condomínio Familiar Matola no tempo correspondente entre 01 – 05 anos, 54% dos moradores vivem no condomínio Familiar Matola Village num período de 06 – 10 anos e 13% dos moradores estão no condomínio Familiar Matola Village há mais de 10 anos.

4.2.2 Utilização de energia solar no condomínio Familiar Matola Village

Para sabermos se os moradores do condomínio Familiar Matola Village utilizam a energia solar, submetemos todos elementos da nossa amostra a entrevista, e obteve-se os resultados que estão ilustrados no gráfico 2.

Gráfico 2: Utilização de energia solar no condomínio



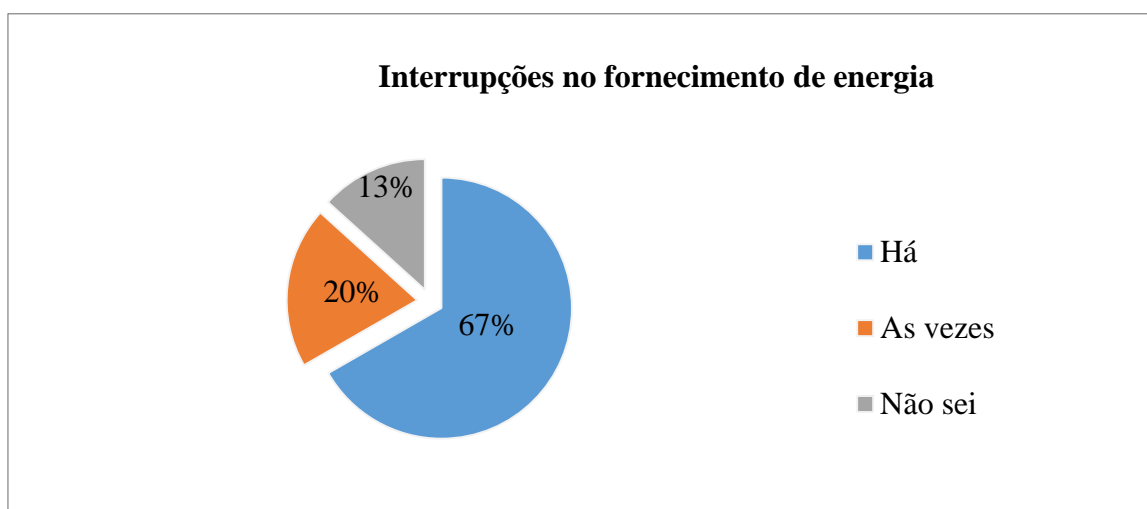
Fonte: Autor da pesquisa com base a entrevista, 2023

Como ilustra o gráfico acima 20% dos moradores do condomínio usam a energia solar e os restantes 80% dos moradores não usam. Segundo estes dados os moradores do condomínio Familiar Matola Village na sua maioria não usam a energia solar.

4.2.3 Interrupções no fornecimento de energia

No que diz respeito a interrupções no fornecimento de energia no condomínio, submeteu-se todos elementos da nossa amostra, conforme o gráfico 3.

Gráfico 3: Interrupções no fornecimento de energia



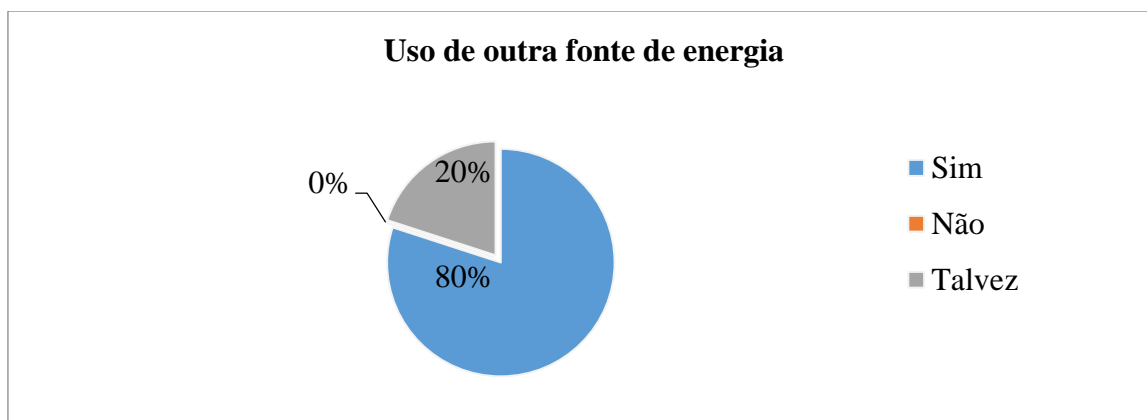
Fonte: Autor da pesquisa com base a entrevista, 2023

Segundo dados do gráfico anterior, para 13% dos moradores do condomínio há interrupções no fornecimento de energia, para 67% as vezes há interrupções no fornecimento de energia e dura mais tempo e os restantes 20% não sabem, porque muitas vezes não estão em casa.

4.2.4 Uso de outra fonte de energia

No que diz respeito ao uso de outra fonte de energia, no condomínio, submeteu-se todos elementos do nosso estudo de população a amostra, conforme o gráfico 4.

Gráfico 4: Uso de outra fonte de energia



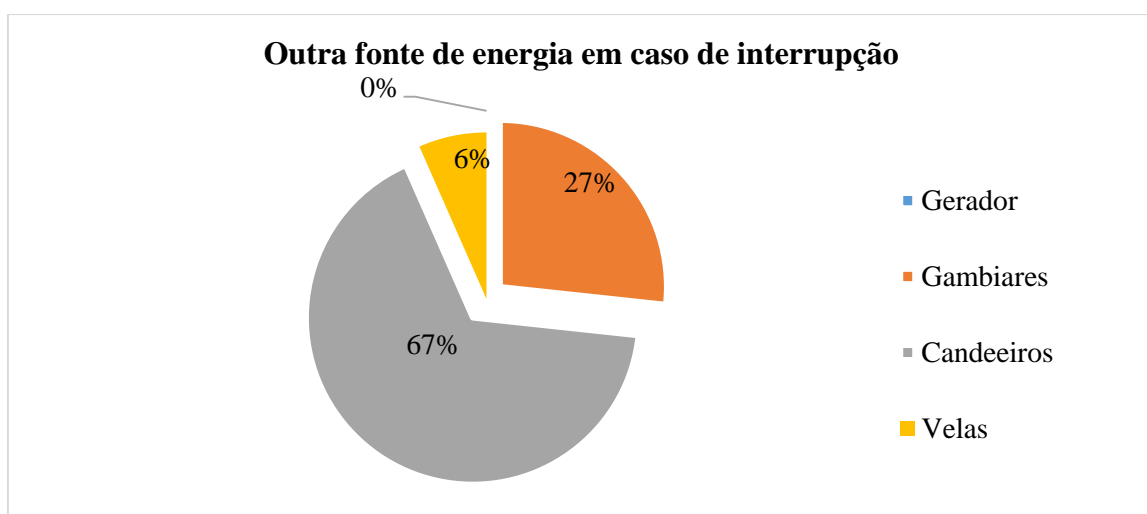
Fonte: Autor da pesquisa com base a entrevista, 2023

Os dados do gráfico mostram que a maioria dos moradores no condomínio Familiar Matola Village, que correspondem a 80% usam outra fonte de energia, porque há evidências de existir outra fonte de energia (tais como, geradores, painéis solares) no condomínio, 20% dos moradores talvez usam outra fonte de energia. Estes resultados mostram que no condomínio Familiar Matola Village os moradores usam outra fonte de energia.

4.2.5 Outra fonte de energia em caso de interrupção

No que diz respeito ao uso de outra fonte de energia, no condomínio Familiar, submeteu-se todos elementos da nossa amostra, conforme o gráfico 5.

Gráfico 5: Outra fonte de energia em caso de interrupção



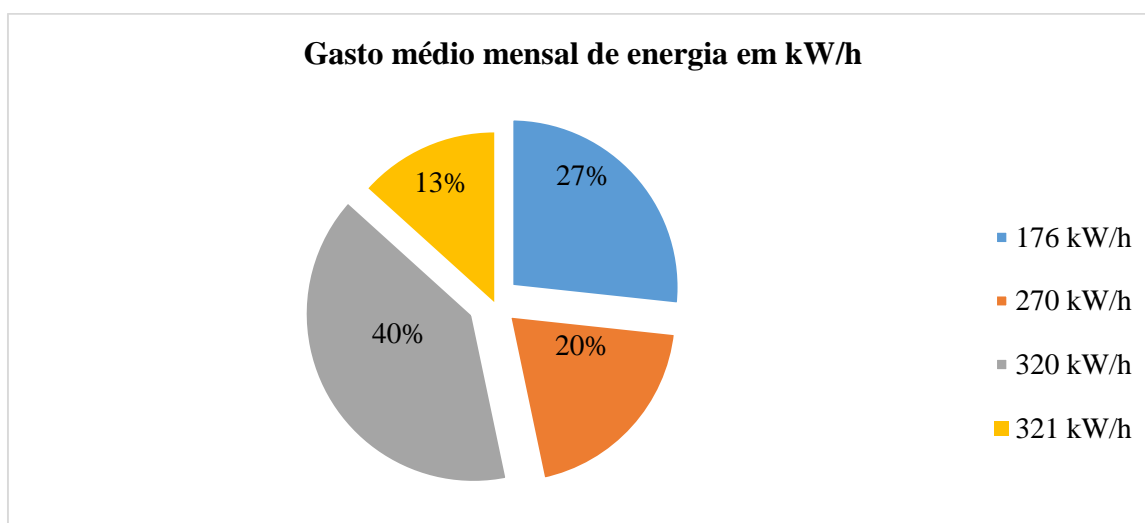
Fonte: Autor da pesquisa com base a entrevista, 2023

Os dados do gráfico mostra que 27% dos moradores do condomínio em caso de interrupção usam os geradores para a iluminação, 67% dos moradores que usam gambiães, 6% usam candeeiros para a iluminação e 0% dos moradores usam velas.

4.2.6 Gasto médio mensal de energia em kW/h

No que diz respeito ao gasto médio mensal de energia em kW/h no condomínio, submeteu-se todos elementos da nossa amostra, conforme ilustra o gráfico 6.

Gráfico 6: Gasto médio mensal de energia em kW/h.



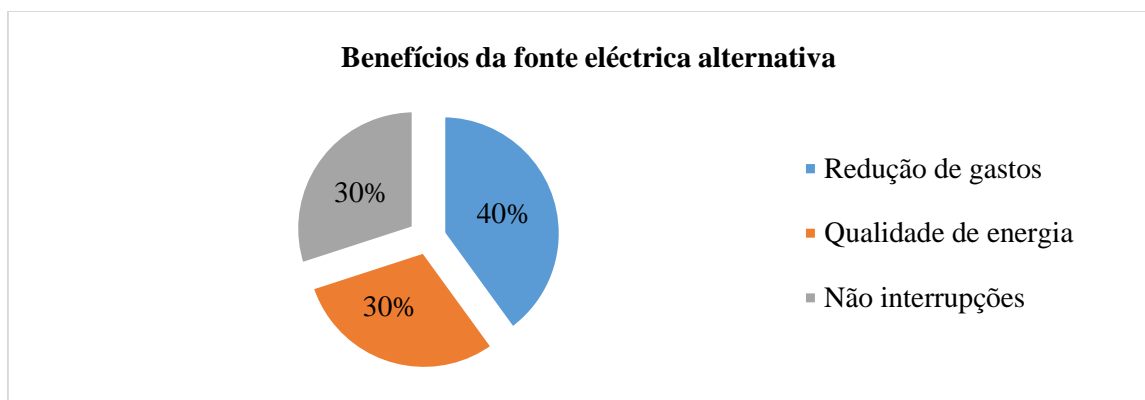
Fonte: Autor da pesquisa com base a entrevista, 2023

Segundo o gráfico acima 27% dos moradores do condomínio têm gasto médio mensal de 176 kW/h, 20% dos moradores têm gastos mensal se de acordo com os cálculos efectuados acima de 270 kW/h 40% dos moradores têm gasto médio mensal de 320 kW/h e 13% dos moradores têm gasto médio mensal de 321 kW/h.

4.2.7 Benefícios da fonte eléctrica alternativa

No que diz respeito aos benefícios da fonte eléctrica alternativa, no condomínio submeteu-se todos elementos da população amostra a entrevista, conforme ilustra o gráfico 7.

Gráfico 7: Benefícios da fonte eléctrica alternativa



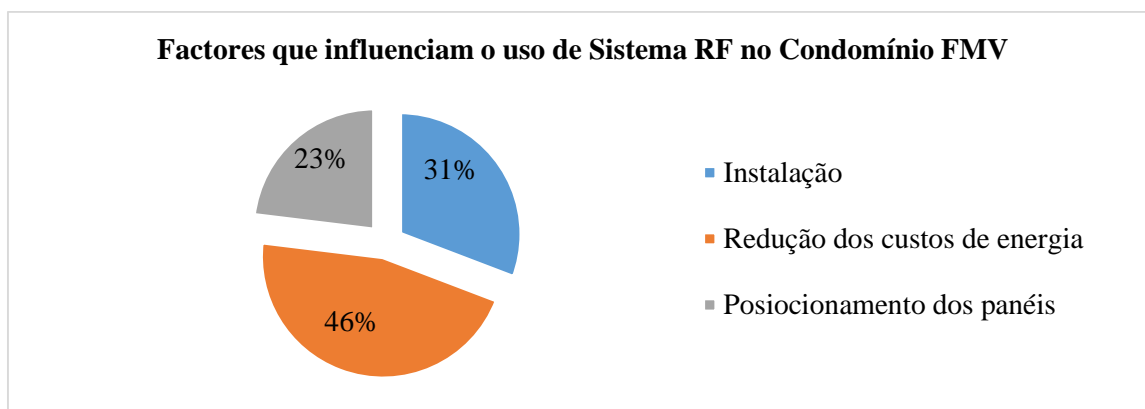
Fonte: Autor da pesquisa com base a entrevista, 2023

Segundo o que consta no gráfico acima a maioria dos moradores no condomínio, que correspondem a 40%, a fonte eléctrica alternativa tem como benefícios redução de gastos, para 30% dos moradores um dos benefícios da fonte alternativa é qualidade de energia e para os restantes 30% a fonte alternativa não apresenta interrupções.

4.2.8 Factores que influenciam o uso de SF no Condomínio FMV

A adopção da energia solar fotovoltaica depende de diversos factores, que podem influenciar a percepção e disposição da comunidade para investir nessa tecnologia. No que diz respeito aos factores que influenciam o uso de sistema fotovoltaico no condomínio Familiar Matola, submeteu-se todos elementos da população amostra, conforme ilustra o gráfico 8.

Gráfico 8: Factores que influenciam o uso de Sistema RF no Condomínio FMV



Fonte: Autor da pesquisa com base a entrevista, 2023

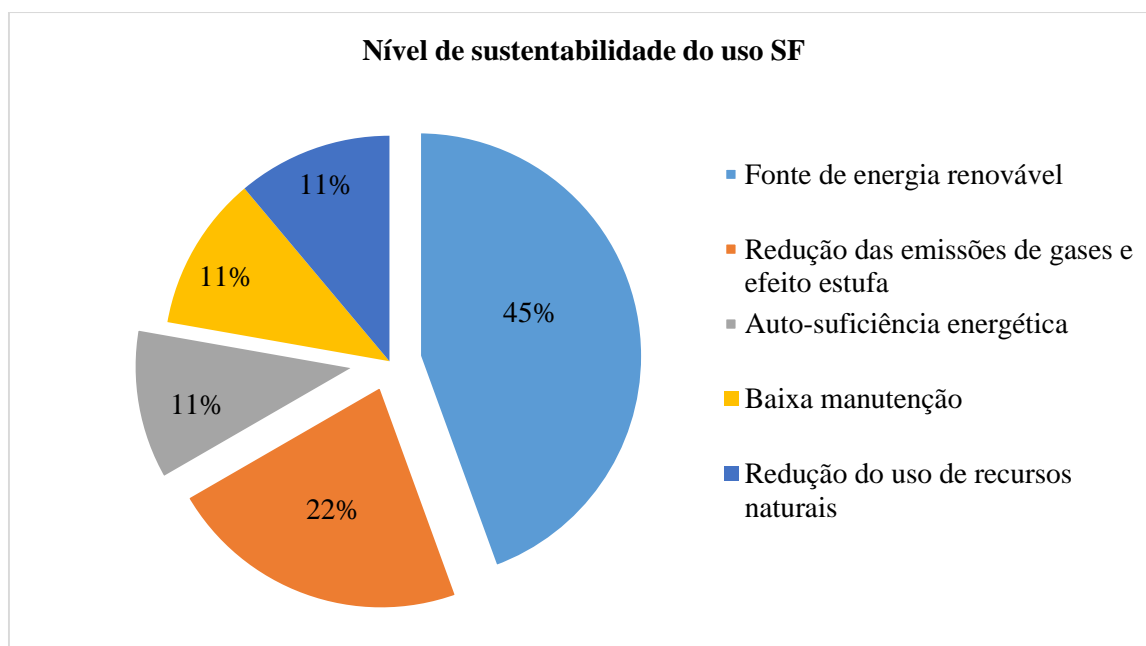
Segundo o gráfico acima para 31% dos moradores do condomínio, um dos factores que influenciam o uso do sistema RF é a instalação, para 46% redução dos custos de energia pode influenciar o uso de sistema RF, para os restantes 23% o posicionamento dos painéis é um factor determinante para o uso do sistema fotovoltaico.

4.2.9 Nível de sustentabilidade do uso SF

A sustentabilidade é um princípio fundamental que visa alcançar um equilíbrio duradouro entre o progresso económico, o bem-estar social e preservação do meio ambiente a longo prazo. A incorporação da energia solar fotovoltaica desempenha um papel crucial na redução das emissões de gases de efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global, ao mesmo tempo em que minimiza a poluição atmosférica proveniente das fontes de energia que utilizam combustíveis fósseis.

Deste modo, adopção da energia solar fotovoltaica traz consigo benefícios económicos e social como a geração de empregos e a diminuição da disparidade social e económica. No que diz respeito ao nível de sustentabilidade de uso de sistema fotovoltaico no condomínio Familiar Matola, submeteu-se todos elementos de estudo de caso de população amostra, conforme ilustra o gráfico 9.

Gráfico 9: Nível de sustentabilidade do uso SF



Fonte: Autor da pesquisa com base a investigação, 2023

Os dados do gráfico mostram que o sistema pode ser sustentável a 45% como fonte de energia renovável, pode reduzir 22% das emissões de gases e efeito estufa, tem 11% de auto-suficiência energética, 11% de baixa de manutenção em relação a outra fonte de energia eléctrica (no caso o sistema provido pela EDM) e por fim 11% na redução do uso de recursos naturais.

CAPÍTULO V: DISCUSSÃO DE RESULTADOS

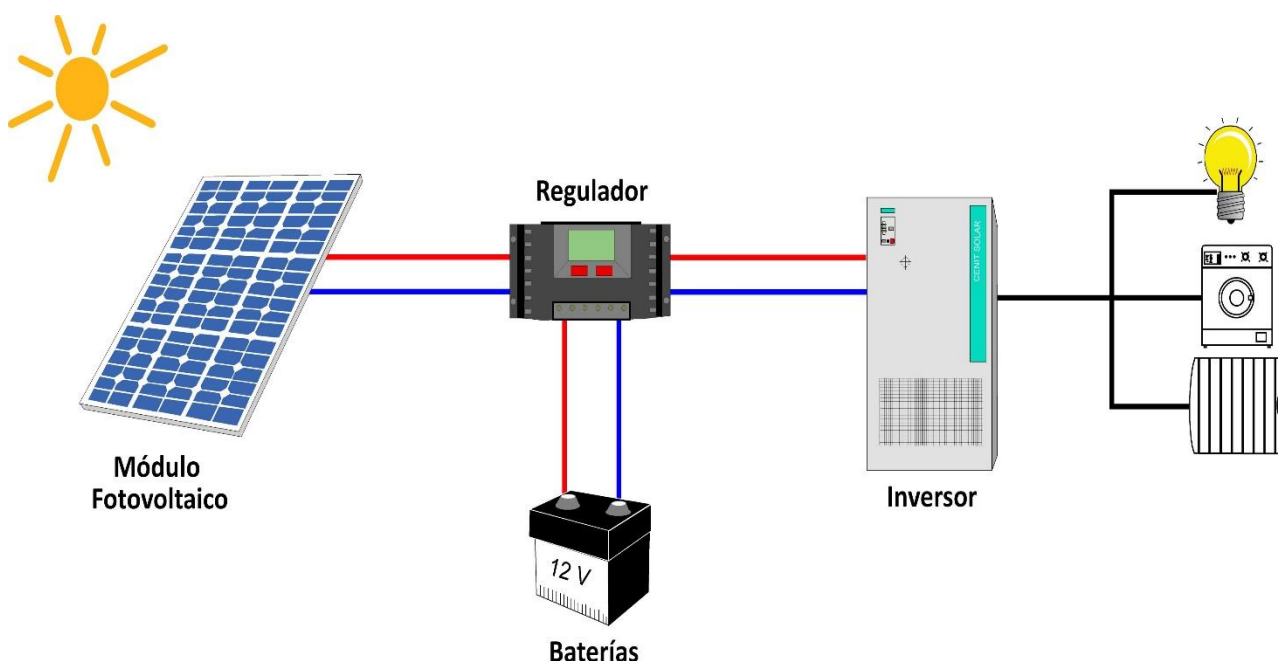
DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA O CONDOMÍNIO FAMILIAR MATOLA VILLAGE

Para o condomínio propõe-se o uso do sistema *off grid*, por este depender unicamente da radiação solar para gerar energia eléctrica através dos painéis fotovoltaicos. Esse tipo de sistema, geralmente, possui um sistema de armazenamento de energia constituído por um banco de baterias, dependendo da aplicação de controladores de carga e inversores CC/CA.

O sistema *off grid* para geração de energia é caracterizado por não se conectar a rede eléctrica. Assim, ele abastece directamente os aparelhos que utilizarão a energia, e são, geralmente, construídos com um propósito local e específico. Esse sistema é muito utilizado em áreas rurais, fazendas e regiões recônditas que não chega rede eléctrica.

O sistema *off grid* é utilizado para propósitos específicos e locais, como bombeamento de água, electrificação de cercas e postes de luz, os sistemas de pequeno porte possuem capacidade energética que varia entre 1,5 kW, 20 kW. E os grandes, de 20 kW a 1 MW.

Figura 3: Esquema sistema *off grid*



Fonte: blog.bluesol.com.br

Tabela 1: Vantagens e desvantagens do sistema *off grid*

Vantagens	Desvantagens
Pode ser utilizado em regiões remotas por ser independente da rede de distribuição de energia	Necessidade da utilização de baterias e controladores de cargas
Não há necessidade de pagar conta de luz	Custos mais elevados
Possui sistema de armazenamento de energia	Constante manutenção

Um sistema *off grid* pode até mesmo não obter o retorno de investimento, se comparado com o custo da energia na rede pública. É muito importante ter em mente que não se deve instalar um banco de baterias em qualquer lugar. O local onde as baterias, típicas de um sistema *off grid*, deve ser abrigado e (de preferência) longe do alcance de qualquer pessoa desavisada, em especial crianças.

5.1 Cálculo da carga das casas

5.2 Determinação da energia diária a fornecer aos consumos (Wh)

A primeira tarefa consiste em identificar o número, a potência e o tempo de funcionamento do conjunto de equipamentos que é necessário alimentar. A tabela 4 configura um exemplo simples relativo ao procedimento que deverá ser executado para se efectuar o levantamento das necessidades diárias de consumo.

Tabela 2: Equipamentos utilizados e necessidades de consumo

Equipamentos	Quantidade	Horas de uso/dia	Potência (W)	Energia diária (Wh/d)
Lâmpadas	20	13	15	3900
Geleira	1	8	300	2400
Fogão	1	5	2100	10500
Ar-condicionado	2	13	1085	28210
Televisão	2	7	65	910
Computador	3	5	16	240
Máquina de lavar e/ou secar roupa	1	5	1000	5000
Total			6048	51160

Fonte: Condomínio Familiar Matola Village

Os dados da tabela revelam que cada residência do Condomínio, tem 20 lâmpadas, isto é, 10 no muro de vedação e 10 no interior da casa e isso implica que são necessários de 3,9kWp.

Consta na tabela que em cada residência há uma geladeira que necessitam 2.4kWp em contrapartida o fogão gasta 10.5kWp. Os ar-condicionado em pleno funcionamento são necessários 28,21kWp. Os televisores gastam 0,91kWp. Para os computadores são necessários 0,24kWp. E a máquina de lavar e/ou secar roupa são necessários 5kWp. Perante estes dados pode-se assumir que em pleno funcionamento dos equipamentos alistados na tabela, a energia diária (Wp) necessária em cada residência no Condomínio é de 51,160kWp.

Segundo (PINHO; GALDINO et al., 2014), em média, um dia ensolarado pode ter aproximadamente 6 horas de sol pleno, dependendo da localização geográfica e da estação do ano. Logo, para calcular a energia gerada em um dia por um painel solar de 550W, podemos usar a fórmula: Energia gerada = Potência do painel x número de horas de sol pleno por dia, deste modo temos:

Energia (KW/h) = Potência (KW) × Horas de Sol Pleno

Primeiro, convertesse a potência do módulo fotovoltaico de watts para kilowatts:

$$550W/1000W=0,55kW$$

Em seguida, multiplicasse a potência pelo número de horas de sol pleno. Assumindo que haja 6 horas de sol pleno:

$$\text{Energia gerada} = \frac{20 \text{ módulos} \times 550W}{1000W} \times 6 \text{ horas de sol} = 66KWp$$

Portanto, 20 módulos fotovoltaicos de 550W podem gerar aproximadamente 66kWp de energia em um dia de sol pleno. Este é um cálculo aproximado e a quantidade real de energia gerada pode variar com base em vários factores.

Na mesma senda, pode-se calcular a energia total do sistema gerada por 1200 painéis solares de 550W por dia.

$$\text{Energia gerada} = \frac{1200 \text{ módulos} \times 550W}{1000W} \times 6 \text{ horas de sol} = 3960KWp$$

Entretanto, 1200 módulos fotovoltaicos de 550W podem gerar 3960kWp de energia em um dia de sol pleno. Este é um cálculo aproximado e a quantidade real de energia gerada pode variar com base em vários factores.

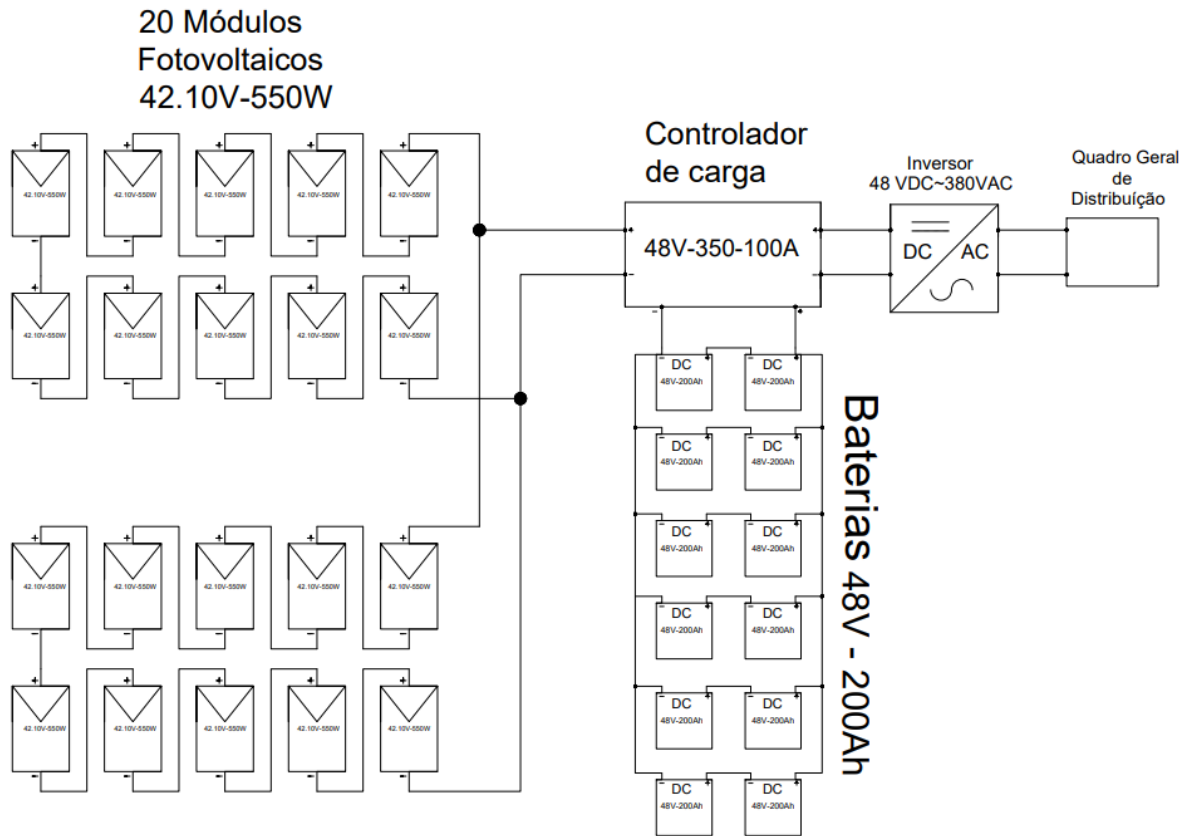
No Condomínio será instalado o sistema redundante fotovoltaico *off grid* de grande porte, isto é, 20 painéis solares de 550W com capacidade de gerar aproximadamente 66kWp e inversor de 10kW – (48VDC-380VAC), (vinde as especificações no anexo 1), o que equivale uma redução nos gastos de energia necessária por dia. De lembrar que, os módulos fotovoltaicos serão instalados próximo ao jardim em frente à entrada do condomínio, por ser um local espaçoso e muito ensolarado, como mostra a imagem abaixo. Resumindo: 20 painéis, 12 baterias de 48V - 200Ah; 1 inversor de 10kW; 1 controlador MPPT 350VDC/100A, para cada casa.

NOTA: Os cálculos que explicam e justificam a escolha dos equipamentos acima citados estão descritos abaixo. Junto aos anexos pode também se encontrar as características técnicas de cada equipamento.



Fonte: Autor da pesquisa

Figura 4: Esquema de ligações dos módulos fotovoltaicos para o projecto de carga geral com fluorescentes, contendo 20 módulos de duas strings ligados em serie e em paralelo uma com a outra que geram aproximadamente 66kWp.



51160Wh/dia – Energia requerida

- Energia requerida
- Tempo de insolação (6h/dia)

Cálculo da potência do sistema

$$\text{Pot do sistema} = \frac{\text{Energia requerida}}{\text{Tempo de insolação}} \times 1,3 = \frac{51160\text{Wh/dia}}{6\text{h/dia}} \times 1,3 = 11084,7\text{Wp}$$

Por dia a potência do sistema é de 11084,7Wp, logo, por mês temos:

$$\text{Pot do sistema (mês)} = 11084,7 \times 30 = 332,54\text{KWp}$$

Cálculo de número de painéis

$$\text{Nº de painéis} = \frac{\text{Pot do sistema}}{\text{Módulo disponível}} = \frac{11084,7\text{Wp}}{550\text{Wp}} = 20,154$$

Valor esse que levou na escolha de 20 painéis de 550Wp, as outras características técnicas podem ser apreciadas na chapa característica em anexo. (FUNAE, 2024).

Cálculo de banco de bateria

- Para se conhecer o número de baterias que serão usados no nosso sistema primeiro temos que calcular a capacidade do banco de baterias, depois calcula se o número de baterias como os cálculos abaixo mostra.

$$C. B. B = \frac{\text{Energia requerida} \times \text{Autonomia}}{\text{DOD} \times U_{\text{bateria}}} = \frac{51160\text{Wh/dia}}{0,7 \times 48\text{U}} \times 1,5 \text{ dia} = 2283,92\text{Ah}$$

DoD - é profundidade de descarga das baterias.

$$\text{Qty bat} = \frac{2283,92\text{Ah}}{200\text{Ah}} = 11,41 \approx 12$$

Valor esse que levou na escolha de 12 baterias de 200Ah ~ 48V

Escolha do inversor

$$0,8 \times P_{fv} \leq P_{inv} \leq 1,2 \times P_{fv}$$

$$0,8 \times 11084,7\text{Wp} \leq P_{inv} \leq 1,2 \times 11084,7\text{Wp}$$

$$8867,76\text{Wp} \leq P_{inv} \leq 13301,64\text{Wp}$$

Escolha do controlador de carga

$$\text{IFV} = \text{FS} \times \text{Icc} \times \text{numero de módulos}$$

$$\text{IFV} = 1,25 \times 14 \times 20$$

$$\text{IFV} = 350\text{A}$$

Controlador MPPT 350/100A

Tabela 3: Estimativa de Custos (Orçamento), do Material Necessário Para a Instalação do Novo Sistema Redundante Fotovoltaico

	Produto	Quantidade	Preço unitário (MT)	Preço total (MT)
Material	Paneis solares de 550W-42.10V/13.06A	1200	12.500,00	15.000.000,00
	Bateria 48V-200Ah Grunrich	760	130.500,00	-----
	Inversor 10KW-(48VDC-380VDC) DEYE	60	150.000,00	9.000.000,00
	Controlador de carga (CC) MPPT 350VDC/100A – 48V	30	75.000,00	2.310.000,00
	Cabos 4 mm ²	500 metros	95,00	47,500,00
	Cabos 6 mm ²	500 metros	120,00	60,000,00
	Cabos 10 mm ²	400 metros	140,00	56,000,00
	Cabos 16 mm ²	500 metros	160,00	80,000,00
	Cabos 25 mm ²	500 metros	200,00	100,000,00
	Terminais 35x8mm	180	55,00	9.900,00
	Pares de MC4	100	200,00	20.000,00
	Caixa de protecção	180	6.000,00	1080.000,00
	Disjuntores de 63A	180	995,00	179.100,00
	Pares de MC4Y	80	450,00	36.000,00
	Fusíveis de 100A	60	450,00	27.000,00
	Porta fusíveis	60	150,00	9.000,00
	Suportes de painéis	360	12.500,00	450.000,00
	Custo total do material			28.145.000,00
Mão-de-obra	Montagem dos equipamentos			150.000,00
	Instalações eléctricas			100.000,00
	Projecto e fiscalização			200.000,00
	Transporte			50.000,00
	Despesas gerais			60.000,00
	Imprevistos			100.000,00
	Custo total de mão-de-obra			660.000,00
Orçamento				29.124.500,00

O orçamento total para o dimensionamento do sistema fotovoltaico para o Condomínio Familiar Matola Village é de 29.124.500,00Mt, A manutenção do sistema fotovoltaico é bastante durável. Estima-se que os módulos fotovoltaicos normalmente têm garantia muito longa de vida útil. Os dispositivos electrónicos (inversor, controlador de carga) têm vida útil superior a 10 anos. Um dos pontos fracos do sistema são as baterias, podendo durar de 4 a 5 anos (baterias de excelente qualidade poderão durar 7 anos, como o caso das baterias de lítio Grunrich de 48V-200Ah) (Som & Circuitos, 2024).

5.3 Tempo de retorno de capital (Payback)

O tempo necessário para obter o retorno do capital investido em um projecto é chamado PayBack, isto é, para que o lucro comece a ser gerado, é necessário que os custos de instalação do sistema fotovoltaico sejam pagos. O cálculo do tempo é calculado através da equação básica do tempo de PayBack abaixo.

$$\text{Tempo de retorno (meses)} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Energia gerada} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{mês}} \right) \times \text{Valor da tarifa}}$$

Fonte: AMES-M FORMAÇÃO PROFISSIONAL FV

Antes de calcular devemos conhecer as tarifas de energia cobradas pela Electricidade de Moçambique na compra de energia, e a tabela abaixo mostra as categorias tarifárias da EDM.

Tabela 4: Categorias tarifárias: social, doméstica, agrícola e geral (Baixa Tensão)

Consumos registados	Preços de venda por categorias tarifárias				Taxa fixa (Mt)
	Tarifa social (Mt/Kwh)	Tarifa doméstica (Mt/Kwh)	Tarifa agrícola (Mt/Kwh)	Tarifa geral (Mt/Kwh)	
De 0 à 125	0.97				
De 0 à 300		6.00	3.69	9.32	233.37
De 301 à 500		8.49	5.26	13.31	233.37
Superior à 500		8.91	5.75	14.56	233.37
Pré-pagamento	0.97	7.64	5.11	13.34	

Fonte: <https://portal.edm.co.mz/pt/websit/page/tarif%C3%A1rio-de-energia-el%C3%A9ctrica>

Nota: Para os clientes que se enquadram nos parâmetros definidos para a tarifa social (potencia de 1.1 KVA e consumo não superior à 125KWh/mês), cujas instalações usam contador do tipo Pré-pagamento (CREDELEC), será fixado um limite de corrente de 5 Amperes. No Condomínio Matola Village usam a tarifa doméstica, segundo os cálculos o consumo é de 332,5KWh/mês, logo, o valor de tarifa é de 8.49.

Cálculo do PayBack

$$\begin{aligned} \text{Tempo de retorno (meses)} &= \frac{\text{Investimento}}{\text{Energia gerada} \left(\frac{\text{KWh}}{\text{mês}} \right) \times \text{Valor da tarifa}} = \frac{29124500}{118800 \times 8,49} \\ &= \frac{29124500}{1008612} = 28,87 \text{ Meses} \end{aligned}$$

Segundo os cálculos o Condomínio terá o retorno de 28,87 em meses, para poder obter o retorno do valor investido levará 2,4 anos.

CAPÍTULO VI: CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusão

O estudo buscou compreender o dimensionamento de um sistema redundante fotovoltaico para o condomínio. A energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma alternativa viável e sustentável para a geração de energia eléctrica. No entanto, a percepção dos moradores em relação à energia solar ainda é um factor determinante para sua ampla adopção. Ao longo do trabalho foram expostos os benefícios da energia solar bem como as barreiras financeiras e regulatórias que podem desencorajar o seu uso. Além disso, é fundamental compreender os factores que influenciam a disposição dos moradores do condomínio para investirem em sistemas fotovoltaicos.

Os resultados obtidos no campo de estudo (condomínio familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola) mostraram que, apesar do crescente interesse, ainda existem desafios a serem enfrentados, como o alto investimento inicial e a falta de incentivos por parte dos moradores. Para promover o uso da energia solar fotovoltaica, é importante, que a gestora do condomínio implemente políticas que facilitem o acesso ao sistema fotovoltaico.

Os benefícios do sistema redundante fotovoltaico são: redução de gastos, que diminui os custos com electricidade a longo prazo, uma vez que utiliza uma fonte de energia gratuita e abundante, o sol. Qualidade de energia, que gera electricidade limpa e renovável, contribuindo para a redução da poluição e das emissões de carbono, e não interrupções, que proporciona autonomia energética, especialmente em áreas remotas ou propensas a falhas na rede eléctrica, garantindo um fornecimento contínuo de energia.

Os factores que influenciam para a instalação do sistema redundante fotovoltaico são a instalação, redução dos custos de energia e o posicionamento dos painéis que são os factores que contribuem para a instalação do sistema redundante fotovoltaico, de acordo com os cálculos.

Este sistema é sustentável para além do custo elevado carece de uma manutenção na mudança das baterias, um dos pontos fracos do sistema são as baterias, podendo durar de 4 a 5 anos e baterias de excelente qualidade poderão durar 7 anos, contudo, para a substituição das baterias é necessário salientar que as baterias custam em torno de 130.500,00Mt.

6.2 Recomendações

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico como uma energia alternativa requer custos avultados, porque não depende exclusivamente da luz solar, deve-se ter placas fotovoltaicas e adequá-los ao sistema eléctrico existente no Condomínio. De acordo com os resultados do estudo, o condomínio familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola, recomendamos o seguinte:

- O uso de uma outra fonte de energia eléctrica, neste caso o sistema redundante fotovoltaico;
- O uso de um sistema off grid mais melhorada para que os moradores tenham autonomia no uso;
- Assim que instalar o sistema fotovoltaico deve-se fazer a manutenção no tempo previsto anteriormente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

Arouca, Filipe F. (2010). Sistemas de energia solar, Tecnologias para Energias renováveis. SA, Lisboa, Portugal.

Borges, Maria dos A.C.S. (2011). Adaptação e validação do questionário quanto a formação ambiental, revista electrónica de Mestrado em Educação ambiental. Universidade Federal do Rio Grande, volume 26, Brasil.

Demamboro, António Carlos et al. (2006). A sustentabilidade através de empreendimentos energéticos descentralizados. Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural.

Goldemberg, Jose. (1992). Energy, Technology, Development. In Ambio, vol. 21 (14-17), New York, USA.

Marconi, M. A. e Lakatos, E. M. (2009). Manual de Metodologia Científica. (7ª Ed). S. Paulo: Editora Atlas.

HCC, ENERGIA SOLAR. 2022. Como a energia solar reduz a emissão de CO2. Disponível em: <https://hccenergiasolar.com.br/como-a-energia-solar-reduz-a-emissao-de-co2/>. Acesso em: 10set.2023.

Romero Filho, R. A. O uso da energia solar fotovoltaica como alternativa viável e sustentável para a produção de energia elétrica. Revista Brasileira de Energia Solar, v.6, n.1, 2015. Acesso em: 12 de set.2023.

Sitoe, Almeida, Salomão, Alda e Wertz-Kanounnikoff, Sheila. (2012). O contexto de REDD+em Moçambique: Causas, actores e instituições, 76, CIFOR, Bogor, Indonésia

Silva Junior (2008). Projeto de um Sistema Fotovoltaico para Energização de um equipamento de pesca com eletricidade, universidade federal do rio de janeiro.

Sousa, Rafaela, (2021). Fontes alternativas de energia. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/fontes-alternativas-energia.htm>. Acesso em: 15 junho.2023.

Zomers, A.N., 2001. Eletrificação Rural: Utilities' Chafe or Challenge?, tese de doutorado, Universidade de Twente.

Vanni, Silvia R. (2012). Estudo de viabilidade económica de fontes alternativas de energia de uma comunidade típica da região nordeste do Brasil. São Paulo, Brasil.

Vaz, Kemal. (2008). M/annual de Energia na agricultura. Moçambique.

Villalva, M. G.; Gazoli, J. R. (2012). Energia Solar Fotovoltaica. São Paulo: Érica.

PINHO, J. T. GALDINO, M. A. et al. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro, v. 1, p. 47 – 499, 2014.

Baterias de Lítio Grunrich. Som e Circuitos (2024). Cidade de Maputo.

Cálculo do Sistema. FUNAE (2024). Cidade da Baixa de Maputo.

Luque e S. Hegedus. (2011). Handbook of Photovoltaic Science and Engineering.

APÊNDICES

Guião de entrevista para os moradores do Condomínio Familiar Matola Village:

Malhampsene – Cidade da Matola.



Universidade politécnica a politécnica

Prezado senhor/a: com a presente entrevista pretende-se recolher informação relacionada ao dimensionamento de um sistema redundante fotovoltaico para o condomínio familiar Matola Village: Malhampsene – Cidade da Matola.

Este é um trabalho de âmbito académico pôs garante o singelo e o uso exclusivo para este fim. Pedimos a permissão para a colaboração neste trabalho.

Em cada uma das questões, assinale com um na opção mais adequada correspondente a sua resposta.

1. Género:
 - a) Masculino ()
 - b) Feminino ()

2. Há quanto tempo é morador do Condomínio Familiar Matola Village?
 - a) De 1 à 5 anos ()
 - b) De 5 à 10 anos ()
 - c) Há mais de 10 anos ()

3. Utilizam a energia solar no Condomínio Familiar Matola Village?
 - a) Usam ()
 - b) Não usam ()

4. Há interrupções no fornecimento de energia?
 - a) Há ()
 - b) As vezes ()
 - c) Não sei ()

5. Usam outra fonte de energia?
 - a) Sim ()

- b) Não ()
 - c) Talvez ()
6. Em caso de interrupções da fonte de energia?
- a) Gerador
 - b) Gambiases
 - c) Candeeiros
 - d) Velas
7. Quanto gastam em média mensalmente de energia em kWh?
- a) 176kWh
 - b) 270 kWh
 - c) 320 kWh
 - d) 321kWh
8. Benefícios da fonte elétrica alternativa?
- a) Reduz gastos
 - b) Qualidade de energia
 - c) Não interrupções
9. Quais são os factores que influenciam o uso de SF no Condomínio FMV?
- a) Instalação
 - b) Baixo consumo
 - c) Posicionamento dos painéis
10. Qual nível de sustentabilidade no uso SF?
- a) Alto
 - b) Média
 - c) Baixa

ANEXOS

Anexo 1: Especificações do inversor DEYE 10kW híbrido trifásico

Technical Data

Model	SKU: 9436	SKU: 9435
Battery Input Data		
Battery Type	Lead-acid or LI-Ion	
Battery Voltage Range (V)	40-60	
Max. Charging Current (A)	190	210
Max. Discharging Current (A)	190	210
External Temperature Sensor	Yes	
Charging Curve	3 Stages / Equalization	
Charging Strategy for LI-Ion Battery	Self-adaption to BMS	
PV String Input Data		
Max. DC Input Power (W)	10400	13000
Rated PV Input Voltage (V)	550 (160-800)	
Start-up Voltage (V)	160	
MPPT Voltage Range (V)	200-650	
Full Load DC Voltage Range (V)	350-650	
PV Input Current (A)	13+13	26+13
Max. PV I _{SC} (A)	17+17	34+17
No. of MPP Trackers	2	
No. of Strings per MPP Tracker	1	2+1
AC Output Data		
Rated AC Output and UPS Power (W)	8000	10000
Max. AC Output Power (W)	8800	11000
AC Output Rated Current (A)	12.1/11.6	15.2/14.5
Max. AC Current (A)	18.2/17.4	22.7/21.7
Max. Continuous AC Passthrough (A)	45	
Peak Power (off grid)	2 time of rated power, 10 S	
Power Factor	0.8 leading to 0.8 lagging	
Output Frequency and Voltage	50/60Hz; 3L/N/PE 220/380, 230/400Vac	
Grid Type	Three Phase	
Total Harmonic Distortion (THD)	<3% (of nominal power)	
DC current injection	<0.5% In	
Efficiency		
Max. Efficiency	97.60%	
Euro Efficiency	97.00%	
MPPT Efficiency	99.90%	
Protection		
Integrated	PV Input Lightning Protection, Anti-islanding Protection, PV String Input Reverse Polarity Protection, Insulation Resistor Detection, Residual Current Monitoring Unit, Output Over Current Protection, Output Shorted Protection, Surge protection	
Output Over Voltage Protection	DC Type II/AC Type III	
Certifications and Standards		
Grid Regulation	VDE4105, IEC61727/62116, VDE0126, AS4777.2, CEI 0 21, EN50549-1, G98, G99, C10-11, UNE217002, NBR16149/NBR16150	
Safety EMC / Standard	IEC/EN 61000-6-1/2/3/4, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2	
General Data		
Operating Temperature Range (°C)	-40-60°C, >45°C derating	
Cooling	Smart cooling	
Noise (dB)	<45 dB	
Communication with BMS	RS485; CAN	
Weight (kg)	33.6	
Size (mm)	422W x 699.3H x 279D	
Protection Degree	IP65	
Installation Style	Wall-mounted	
Warranty	10 years	

Fonte: www.optonicaled.com

Anexo 2: Chapa característica do módulo solar de 550W

ODA550-36V-MH		
Potência nominal máx. (P _{máx})	550W	
Tolerância	0~+3%	
Tensão operacional máx.(V _{mp})	42.10V	
Corrente operacional máx. (I _{mp})	13.06A	
Tensão de circuito aberto (V _{oc})	50.10V±3%	
Corrente de curto circuito (I _{sc})	14.01A±3%	
Eficiência do módulo	21.30%	
Tensão máxima do sistema	1500VDC	
Classe de segurança contra incêndio	C	
Carga de mecânica testada	5400pa	
Classificação máx. de fusíveis da série	25A	
Classificação da aplicação	Classe A	
Tecnologia da célula Silício	Monocristalino-Perc	
Peso (Kg)	28.40	
Dimensões (mm)	2279*1134*35	
Padrão de teste (STC) Am=1.5 E=1000 W/m ² TC=25°C		
       		
Manufacturer: Ningbo Osda Solar Co., Ltd. Website: www.osdasol.com Contact: +0086-574-87913266		

Anexo 3: Imagem do controlador de carga.

