

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA A POLITÉCNICA

Instituto Superior de Humanidades, Ciências e Tecnologias

Engenharia Electrica

**Criação de um Sistema Fotovoltaico com Accionamento a
Fotocélula para Gerar a Iluminação no Muro de Vedação e o
Recinto da Escola Secundária Geral e Pré-Universitária de
Mocuba**

Keeven Carlos de Matos

Quelimane

2023

Keeven Carlos de Matos

Criação de um Sistema Fotovoltaico com Accionamento a Fotocélula para Gerar a Iluminação no Muro de Vedação e o Recinto da Escola Secundária Geral e Pré-Universitária de Mocuba

Monografia científica apresentada ao Instituto Superior de Humanidades Ciências e Tecnologias como requisito parcial para a obtenção do Grau de Licenciado em Engenharia Eléctrica

Tutor: Lic. Jeshua Mavoto

Quelimane

2023

Dedico este trabalho científico aos meus pais, meus irmãos Mélvyn Mauro Sidónio de Matos e Evlyn Katliny de Matos, Aos meus avós António Carlos de Matos, Domingas Saraiva, Faustino Sidónio Rêgo e Ermelinda de Jesus Maria que faleceram mas sempre estiveram comigo mi motivando a não desistir e que me apoiaram bastante na realização da minha formação.

Agradecimentos

Agradeço Deus por ter-me concedido saúde e libertado de muitos obstáculos. Ao Tutor Joshua Mavoto pelo acompanhamento que tem feito e faz para melhorar a qualidade da presente Monografia e pelo seu apoio durante a elaboração desta.

A todos os meus docentes e funcionários da Universidade Politécnica, pela orientação nas actividades estudantis, especialmente aos meus colegas do curso de engenharia eléctrica. E agradeço ainda mais ao meu amigo Rogério Vilichane e o Gabriel Charles Manteiga que se tornou um irmão para mim faleceu, mas sempre estiveram disponíveis para mi darem a mão.

A todos os meus amigos e familiares e a todos que têm-me ajudado a progredir

“Há uma força motriz mais poderosa que
o vapor, a eletricidade e a energia
atômica: a vontade”.

Albert Einstein

Resumo

Nunca pode ser subestimada a capacidade de geração da energia proveniente da radiação solar. A procura por sistemas alternativos de geração de energia eléctrica vem crescendo à medida que o preço da energia gerada pela concessionária EDM aumenta a cada ano. Portanto a instituição vem buscando formas de baratear o custo da energia consumida através de fontes que, além de serem renováveis, se mostram cada vez mais viáveis. Por esse motivo, o estudo de viabilidade de um sistema fotovoltaico pode ser muito interessante. O grande problema está com o custo da energia devido a mudanças climáticas e ao aumento de impostos, isso nos leva a pensar em outras medidas que minimizem o consumo de energia eléctrica. Mas o grande problema é: Até que ponto a criação de um sistema fotovoltaico com accionamento a fotocélula irá gerar iluminação no recinto e no muro de vedação da Escola Secundaria Geral e Pré-universitária de Mocuba? E durante a recolha de dados, foi feita uma análise que levantou as seguintes hipóteses: Com a aplicação do sistema fotovoltaico Off-Grid conectado a fotocélula para iluminar o muro de vedação e o recinto irá reduzir o vandalismo na Escola Secundária Geral e Pré-Universitária de Mocuba, Com o dimensionamento sistema fotovoltaico Off-Grid conectado a fotocélula irá reduzir os custos da compra de energia eléctrica. Mas durante o estudo viu-se a necessidade de refletir sobre o caso que posteriormente deu origem a dois objectivos, objectivo geral e específico, em que no objectivo geral é a criação de um sistema fotovoltaico para gerar a iluminação no muro de vedação e do recinto da Escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba. E nos objectivos específicos focam-se em demonstrar o nível da capacidade de geração e transformação da energia solar em energia eléctrica; Estudar a possibilidade do uso de sistemas fotovoltaicos com accionamento a fotocélula para mitigar a falta de iluminação e combater o vandalismo na escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba; Compreender a demanda energética da carga a ser alimentada na Escola Secundaria Geral e Pré-universitária de Mocuba. Quanto a metodologia, usou-se a pesquisa qualitativa e quantitativa. E quanto ao tipo de investigação, a pesquisa foi exploratória porque permitiu o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Onde constatou-se que a instituição demonstrou o interesse de aumentar a iluminação no recinto e no muro de vedação do mesmo, mas o impasse era o custo da energia da concessionária EDM. E com o estudo podemos perceber que a instituição precisaria de pelo menos 86400w por dia para uma melhor iluminação e segurança dos funcionários e estudantes. A aplicação do projecto de sistema fotovoltaico na Escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba, irá melhorar a iluminação no recinto da escola, assim dando a oportunidade de melhor circulação no recinto, com a iluminação vem a melhoria na segurança assim também ajudando na vigilância do mesmo. O projecto também trará melhorias económica a direcção da escola, trazendo assim o bem para todos que da instituição e que frequentam na instituição no curso nocturno.

Palavras-chave: EDM, energia, solar, fotovoltaica.

Abstract

The ability to generate energy from solar radiation can never be underestimated. The demand for alternative electricity generation systems has been growing as the price of energy generated by the EDM concessionaire increases each year. Therefore, the institution has been looking for ways to lower the cost of energy consumed through sources that, in addition to being renewable, are proving to be increasingly viable. For this reason, the feasibility study of a photovoltaic system can be very interesting. But during the study it was necessary to focus on some general and specific objectives, in which the general objective was focused on studying the possibility of a photovoltaic system generating lighting in the premises of the General Secondary School of Mocuba. And the specific objectives were focused on studying the possibility of using photovoltaic systems with photocell activation to mitigate the lack of lighting and combat vandalism, demonstrating the level of capacity for generating and transforming solar energy into electrical energy. And during the data collection I was mirroring with some hypotheses such as: With the application of the Off-Grid photovoltaic system connected to the photocell to illuminate the fence wall and the enclosure it will reduce vandalism in the Secondary General and Pre-University School of Mocuba, With the dimensioning of the Off-Grid photovoltaic system connected to the photocell, it will reduce the costs of purchasing electricity. The big problem is with the cost of energy due to climate change and the increase in taxes, this leads us to think of other measures that minimize the consumption of electrical energy. But the big problem is: To what extent will the creation of a photovoltaic system with photocell activation generate lighting in the enclosure and in the fence wall of the Secondary General and Pre-university School of Mocuba? As for the type of research that was used, it was qualitative and quantitative. And as for the objectives, the research was exploratory because it allowed the improvement of ideas or the discovery of intuitions. Where I found that the institution showed interest in increasing the lighting in the enclosure and in the fence wall of the same, but the impasse was the cost of energy from the EDM concessionaire. And with the study you can see that the institution would need at least 86400w per day for better lighting and safety of employees and students.

Keywords: EDM, energy, solar, photovoltaic.

Lista de Figuras

Figure 1. Esquema de um sensor calorimétrico	20
Figure 2. Esquema de um sensor calorimétrico	21
Figure 3. Sistemas Termomecânicos	21
Figure 4. Esquema de uma planta de cogeração termoelétrica incluindo pontos de medição	22
Figure 5. Circuito de uma planta de cogeração termoelétrica incluindo pontos de medição.....	22
Figure 6. Célula solar com uma resistência	22
Figure 7. Célula solar com uma resistência	23
Figure 8. Célula fotovoltaica e o seu respectivo modulo fotovoltaico	24
Figure 9. Apresenta com detalhes o corte transversal e uma vista frontal de uma célula fotovoltaico	25
Figure 10. Módulos fotovoltaicos utilizando c-Si.....	25
Figure 11. Módulos fotovoltaicos utilizando estrutura policristalina	26
Figure 12. Módulos fotovoltaicos utilizando a-Si.....	26
Figure 13. Exemplos de fotocélula, em vários modelos	29
Figure 14. Movimento aparente de sol observado a partir do hemisfério norte (esquerda) e sul (direita).....	31
Figure 15. Demonstração do angulo óptimo para inclinação de painéis solares	32

Lista de Tabelas

Table 1. Comparação de eficiência das tecnologias de células fotovoltaicas.....	26
Table 2. Eficiência media de componentes de um sistema fotovoltaico	32
Table 3. Perdas típicas em um sistema fotovoltaico	33
Table 4. Perguntas para a direcção	36
Table 5. Ilustração da tarifa utilizada na escola.....	37
Table 6. Classificação do preço da energia electrica	37
Table 7. Ilustra a necessidade da aplicação de um sistema fotovoltaico	37
Table 8. Perguntas para os estudantes.....	38
Table 9. Ilustra os casos de vandalismo na escola.....	38
Table 10. Aborda a falta de iluminação no recinto escolar.....	39
Table 11. Aborda a criação de um sistema fotovoltaico para gerar iluminação no recinto e o muro da escola	39
Table 12. Pergunta para os guardas	40
Table 13. Aborda como é feita a distribuição dos turnos	40
Table 14. Aborda como é feita a vigilância na escola	40
Table 15. Aborda as dificuldades que os guardas tem durante a vigilância no recinto escolar no período da noite.....	40
Table 16.	40
Table 17. Aborda a necessidade de aumentar a iluminação no recinto escolar.....	40

Lista de Abreviaturas

EDM – Electricidade de Moçambique;

Ptc – Potência total da carga;

Pl – Potência da luz;

Nl – Número de luzes;

Npaineis – Número de painéis;

Ppaineis – Potência do painel;

Pts – Potência total do sistema;

N – Rendimento;

Hp – Perda;

Tu – Tempo de utilização;

Cd – Consumo diário;

Gd – geração diária;

Pc/h – Potência consumida por hora;

Ps/h – Potencia do sistema por hora;

Tu – Tempo de utilização;

Tr – Tempo radiação;

EA – Energia armazenada;

ECD – Geração diária;

Autonomia – tempo de uso sem recarregamento;

CBB – Capacidade do banco de baterias;

EA – Energia armazenada;

VB – Tensão do banco;

NBS – Número de baterias em serie;

NBP – Número de baterias em paralelo;

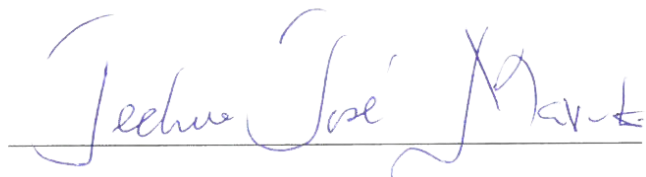
NTB – Número total de baterias;

Vbanco – Tensão do banco.

Parecer do supervisor

O presente tema de Criação de um Sistema Fotovoltaico com Accionamento a Fotocélula para Gerar a Iluminação no Muro de Vedação e o Recinto da Escola Secundária Geral e Pré-Universitária de Mocuba, proposto pelo estudante Keeven Carlos de Matos é bastante relevante pois propõe uma fonte alternativa de alimentação de energia eléctrica limpa para a instituição referida e irá ajudar na redução de custos de energia.

Portanto, sou de parecer que o tema seja submetido a comissão científica da universidade Politécnica- A POLITÉCNICA ISHCT para a sua aprovação como trabalho de fim de curso para a obtenção de grau de licenciatura em engenharia eléctrica.

A handwritten signature in blue ink, reading "Jechua José Mavoto Moisés", written over a horizontal line.

Eng. Jechua José Mavoto Moisés

Índice

Capítulo I	15
1. Introdução	15
Capítulo II	17
2. Revisão de Literatura	17
2.1. Marco Conceptual	17
2.1.1. Sol	17
2.1.2. Radiação Solar	18
2.1.3. Insolação	19
2.1.4. Instrumentos de Medição da Radiação Solar	19
2.1.5. Sensores de Radiação	20
2.1.6. Sensores Calorimétricos	20
2.1.7. Sensores Termomecânicos	21
2.1.8. Sensores Termoelétricos	21
2.1.9. Sensores Fotoelétricos	22
2.1.10. Energia Solar	23
2.1.11. Energia Fotovoltaica	23
2.1.12. Célula Fotovoltaica com Estrutura de Silício Monocristalino	25
2.1.13. Célula Fotovoltaica com Estrutura de Silício Policristalino	25
2.1.14. Célula Fotovoltaica com Estrutura de Silício Amorfo	26
2.1.15. Sistema de Micro-Geração de Energia Elétrica	27
2.2. Desenvolvimento Circunstancial, Descritivo e Detalhado do Fenómeno	27
2.2.1. Breve Historial da Energia Fotovoltaica	27
2.2.2. Relé – fotoelétrico	29
2.3.2. Inclinação e Orientação dos Módulos Solares	31
2.3.3. Cenário de Perdas	32
Capítulo III	34
3. Metodologia	34
3.1. Tipo de Investigação	34

3.2. Técnicas de Recolha de Dados	34
3.3. Universo.....	35
3.4. Amostra.....	35
Capítulo IV.....	36
4.4. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico Off-Grid	41
4.3. Análise Financeira	46
Capítulo V.....	47
5. Discussão	47
Capítulo VI.....	50
6. Conclusão.....	50
Referencias Bibliográficas	53
Apêndice A	56
Anexos	58

Capítulo I

1. Introdução

No mundo moderno, foram desenvolvidas várias formas de obter energia eléctrica, das quais uma delas, parte de uma transformação de energia solar em energia eléctrica. No âmbito da política de sustentabilidade, que se suporta num processo de melhoria contínua e inovação, preservando os recursos naturais e das gerações futuras, procuramos continuamente as melhores soluções para aumentar a eficiência.

A energia fotovoltaica é nada mais do que a tecnologia de captação da energia proveniente da radiação do sol, através das células fotovoltaicas que são capazes de gerar corrente eléctrica contínua. Portanto, enquanto a luz do sol estiver agindo, brilhando, a célula fotovoltaica tem a capacidade de desempenhar sua função na produção de electricidade, sem a necessidade de uma fonte externa.

Desde a existência da Escola secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba tem-se notado a ausência da iluminação no muro de vedação e no recinto da escola, que por meio desta já apresentou vários casos de roubo e vandalismo. A direcção da escola tem o desejo de instalar iluminação no muro de vedação e no recinto da escola, mas tem um grande problema que não lhe permite dar seguimento que é o elevado custo da energia eléctrica da concessionária EDM. Que olhando pela dimensão da escola há uma grande necessidade de melhorar o sistema de iluminação no muro de vedação e no recinto da escola porque facilita o trabalho dos guardas e dará mais segurança aos estudantes e funcionários do mesmo. Mas por este grande factor que lhe impede de instalar a iluminação, eles não vão dar seguimento.

E aproveitando o avanço tecnológico pautamos por dimensionar um sistema fotovoltaico para gerir a iluminação no muro de vedação e do recinto da Escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba e analisar o seu impacto económico.

Este trabalho tem como objectivo principal criar um sistema fotovoltaico para gerir a iluminação no muro de vedação e do recinto da Escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba. De modo a responder o seguinte problema de investigação: Até que ponto a criação de um sistema fotovoltaico com accionamento a fotocélula irá gerar iluminação no recinto e no muro de vedação da Escola Secundaria Geral e Pré-universitária de Mocuba e poder ser mais económico que a energia eléctrica da concessionária EDM?

As hipóteses são: Com o sistema fotovoltaico Off-Grid gerando energia, poderá suprir as necessidades da demanda energética da carga a ser alimentada na Escola Secundária Geral e Pré-Universitária de Mocuba, e Com a aplicação do sistema fotovoltaico Off-Grid conectado a fotocélula para iluminar o muro de vedação e o recinto irá reduzir o vandalismo na Escola Secundária Geral e Pré-Universitária de Mocuba.

E para responder essa questão acima levantada, a pesquisa tem como objectivo geral, a criação de um sistema fotovoltaico para gerir a iluminação no muro de vedação e do recinto da Escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba E como objectivo específico: Compreender a demanda energética da carga a ser alimentada na Escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba; * Demonstrar o nível da capacidade de geração e transformação da energia solar em energia eléctrica na Escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba.

Esta pesquisa encontra-se estruturada em seis partes, sendo que, neste primeiro capítulo, referente à introdução, onde é possível encontrar o problema de investigação, seus objectivos, o tipo de pesquisa, a amostra e as respectivas questões de partida. A segunda parte da pesquisa é reservada a revisão da literatura, com destaque para os aspectos teóricos e conceptuais adjacentes ao tema em análise. A terceira parte, reservada a metodologia de pesquisa, define o tipo de pesquisa levada a cabo, a população e amostra, bem como os instrumentos de recolha e análise de dados. A quarta parte, diz respeito à apresentação dos resultados. A quinta parte é concernente a discussão dos resultados da pesquisa efectuada, tendo em consideração os resultados da pesquisa bibliográfica e da entrevista efectuada. A sexta parte diz respeito à conclusão e as recomendações do estudo.

Capítulo II

2. Revisão de Literatura

2.1. Marco Conceptual

Neste ponto são abordados aspectos relacionados com a definição de conceitos, bem como uma abordagem alargada em torno de Painéis solares e fotocélulas.

2.1.1. Sol

Segundo Oliveira (2004), o sol é a principal fonte de energia para a terra. Além de ser responsável pela manutenção da vida no planeta, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de sua utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outra forma de energia.

O sol é basicamente uma enorme esfera de gás incandescente, cujo núcleo acontece a geração de energia através de reacções termonucleares. Sua estrutura é composta pelas principais regiões: núcleo, zona radioactiva, zona convectiva, fotosfera, cromosfera e coroa (ou as vezes chamada de corona).

Ainda para Oliveira (2004), o núcleo, com temperatura de cerca de 15 milhões de Kelvin, é a região mais densa e onde a energia produzida por reacções termonucleares. Logo acima se encontra zona radioactiva, onde a energia produzida no núcleo é transferida para as regiões superiores através da radiação. A zona convectiva possui este nome em função dos processos de convecção que diminui o transporte de energia das regiões mais internas do sol para a superfície solar. A fotosfera, primeira regia da atmosfera solar, com 330 km de espessura e temperatura próxima de 5.800 k, é a camada visível do sol. Esta zona tem a aparência da superfície de um líquido em ebulição, repleta de bolhas, que são chamadas de grânulos fotosféricos. Estes grânulos têm em torno de 1.500 km de diâmetro e duram cerca de 10 minutos cada. Estas zonas granulares representam os processos convectivos do gás quente, que emerge da camada convectiva para a fotosfera. A fotosfera é a fonte de maior parte da radiação visível que é emitida pelo sol. Um dos fenómenos fotosféricos mais notáveis é o das manchas solares, que são regiões frias que a fotosfera solar, possuindo uma temperatura cerca de 3800 K na região central, chamada de umbra e pouco mais elevada na parte periférica, denominada penumbra. As manchas solares são indicadoras da intensa actividade magnética

presente no sol e seguem um ciclo de onze anos em que o número de manchas varia entre máximos e mínimos. Este ciclo provoca alterações na irradiação emitida pelo sol e também apresenta consequências na terra, alterando o comportamento da sua atmosfera. A cromosfera do sol normalmente não é visível, porque a intensidade da irradiação é muito mais baixa do que aquela relativa à região da fotosfera. A temperatura na cromosfera varia, na sua base, de 4300 K a mais de 40000 K, e sua altura é de aproximadamente 2500 km. A camada mais externa e rarefeita da atmosfera solar é chamada de coroa. Apesar do brilho da coroa solar ser equivalente ao da lua cheia, ela somente é visualizada na coerência de um eclipse, em virtude do alto brilho da fotosfera.

2.1.2. Radiação Solar

De acordo Vieira (2011), a radiação electromagnética está relacionada com cargas eléctricas aceleradas que irradiam energia. Em outras palavras, refere-se as variações temporais do campo eléctrico (E), provocando uma variação do campo magnético (B). Estas variações se propagam radialmente, o campo eléctrico oscila perpendicularmente ao campo magnético, e a direcção de propagação é dada pelo vector de Poynting. A radiação electromagnética ocorre em diferentes faixas espectrais de acordo com o tipo de interacção com a matéria. Todas têm uma característica em comum, são resultados das oscilações do campo eléctrico (E) e do campo magnético (B). O espectro electromagnético é classificado em diferentes regiões: Raios- γ , Raios-X, Ultravioleta (UV), Visível (VIS), Infravermelho, Micro-ondas ou Ondas de rádio. O Sol emite radiação electromagnética, devido ao carácter magnético e eléctrico de fenómenos originados pelo dínamo solar.

Ainda para Vieira (2011), a radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura é chamada radiação térmica. De maneira geral, a forma detalhada do espectro da radiação térmica emitida por um corpo quente depende de algum modo da composição dele. No entanto, há um corpo quente que emite espectros térmicos de carácter universal. Esses corpos são conhecidos como corpos negros. A radiação emitida por um corpo negro é determinada por sua temperatura e pelo comprimento de onda considerado, conforme é descrito na Lei de Planck. A lei de deslocamento de Wien é importante para estimar a temperatura de uma fonte a partir de seu espectro de emissão. Um exemplo é a distribuição espectral da radiação solar, que se assemelha à de um corpo negro a uma temperatura de ≈ 5.800 K [13] e apresenta variações ao longo do tempo como resultado da dinâmica interna do sol.

2.1.3. Insolação

Segundo Tamele (2007), a insolação é definida como sendo número de horas de brilho solar, ou seja, é o período do dia em que o sol não se encontra coberto. É basicamente o intervalo de tempo em que o disco solar permanece visível, entre o nascimento e o ocaso do sol, para um observador localizado em um dado ponto da superfície terrestre.

Ainda segundo Tamele (2007), no que tange as técnicas de medição da radiação solar, ele afirma que existem duas técnicas de medição:

- A medição directa – nesta técnica é usada instrumento para obtenção de valores totalmente exactos.
- Medição indirecta – nesta técnica usa-se modelos matemáticos para estimar a radiação solar global a partir de outras variáveis meteorológicas.

De referir que o conhecimento do comportamento quantitativo da radiação solar é uma das variáveis de maior peso para o desenvolvimento de um projecto de aproveitamento eléctrico da energia solar, sendo que a obtenção destes dados serve basicamente para:

- Identificar e seleccionar a localização do sistema de aproveitamento da energia solar;
- Dimensionar o gerador fotovoltaico;
- Estimar a produção diária, mensal e anual.

2.1.4. Instrumentos de Medição da Radiação Solar

Segundo Macagnan (2010), a medida da radiação solar disponível na superfície da Terra é essencial para um grande número de aplicações além, naturalmente, dos sistemas solares onde é fundamental. Esta informação também é utilizada para estimar o rendimento energético de edificações, modelos climáticos, agricultura, etc. A medida da radiação solar em alguns pontos da superfície terrestre permite o desenvolvimento de modelos empíricos que possibilitam a predição da energia solar disponível em muitos outros lugares que não dispõem destas medidas. Nesta secção comentaremos os instrumentos utilizados para medir a radiação solar, a classificação destes instrumentos e os métodos de calibração. Posteriormente se tecerá alguns comentários sobre a situação mundial atual das medidas da radiação solar. A medida da radiação solar é efetuada, basicamente, por dois tipos de aparelhos: os pireliómetros e os piranómetros.

- O pireliómetro – é o instrumento utilizado para a medida do fluxo de radiação solar direta, em incidência normal. Este instrumento é geralmente acoplado a um sistema para o seguimento do Sol.

- O piranómetro -é o instrumento que efetua medidas da radiação solar proveniente de todo o hemisfério celeste, onde se inclui a parte difusa e a parte direta proveniente do disco solar. Este instrumento também pode ser utilizado em posição inclinada e neste caso recebe uma parte da radiação refletida pelo solo.

Este instrumento quando provido de um disco ou anel de sombra pode medir a radiação difusa (dentro de um ângulo sólido de 2π sr) excetuando o ângulo sólido donde está o Sol. Naturalmente, quando utiliza um anel de sombra, este dispositivo oculta, além do Sol, uma fração do hemisfério do céu. Esta fração da radiação difusa ocultada dever ser somada à leitura deste instrumento.

2.1.5. Sensores de Radiação

Ainda Macagnan (2010), os sensores destes instrumentos podem ser classificados da seguinte maneira: calorimétricos, termomecânicos, termoeletrônicos e fotoelétricos. A seguir se faz uma breve descrição de cada um deles.

2.1.6. Sensores Calorimétricos

Nos instrumentos calorimétricos, a energia radiante incide em um metal de alta condutividade recoberto com uma pintura negra não seletiva de alta absorvância. Esta energia radiante é convertida em calor que pode ser medido de várias maneiras:

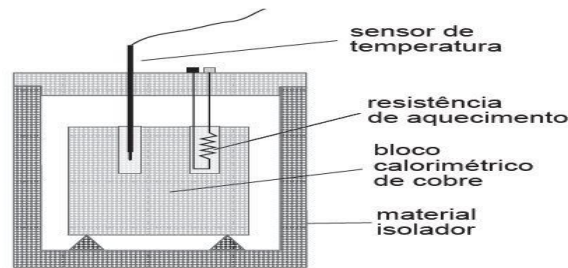
- a) O calor é retirado por um fluido em circulação e sua variação de entalpia é medida. Esta variação de entalpia é a indicação do fluxo solar incidente.
- b) O calor origina uma variação de entalpia do metal absorvedor (sensor) e da mesma forma que o método anterior, esta variação de entalpia pode ser facilmente medida.
- c) A diferença de temperatura através de um transdutor é mantida por meio de aquecimento adicional requerido entre a face exposta e a sombreada. O fluxo de radiação é então proporcional à diferença do aquecimento elétrico nas duas faces.

Figure 1. Esquema de um sensor calorimétrico



Fonte: Macagnan (2010)

Figure 2. Esquema de um sensor calorimétrico

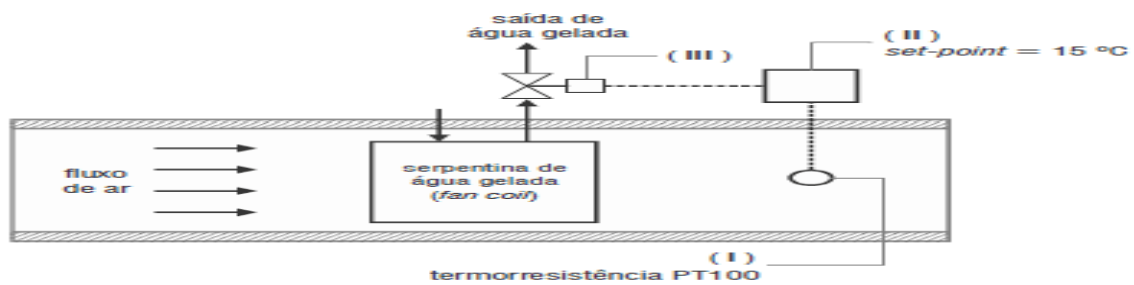


Fonte: Macagnan (2010)

2.1.7. Sensores Termomecânicos

De acordo com Kasten (1989), estes sensores atuam pelo princípio termomecânico, onde o fluxo de energia é medida através da curvatura de uma lâmina bimetálica. Neste sistema, duas lâminas metálicas com distintas propriedades de dilatação térmica são rigidamente mantidas unidas. Uma extremidade desta união de lâminas está fixa enquanto a outra é livre. Uma lâmina está recoberta com uma tinta preta de alta absorvência e a outra recoberta com uma tinta branca de alta refletância. A lâmina negra é exposta à radiação solar e a outra é mantida na sombra. Estas duas lâminas estão isoladas uma da outra para impedir o fluxo de calor entre elas. Devido à diferença de temperatura entre elas e aos diferentes coeficientes de dilatação, estas lâminas se curvam.

Figure 3. Sistemas Termomecânicos



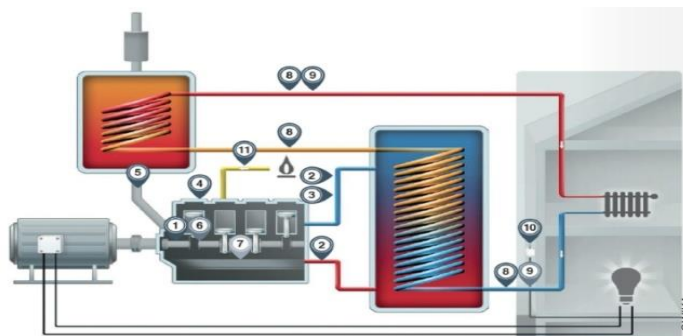
Fonte: Kasten (1989)

2.1.8. Sensores Termoelétricos

Fazendo análise dos sensores KASTEN (1989), estes sensores consistem de dois fios metálicos diferentes com suas extremidades conectadas. Quando estas duas extremidades se encontram à temperaturas diferentes (uma exposta à radiação solar e a outra sombreada) acontece a geração de uma força eletromotriz (fem). A fem gerada é proporcional à diferença

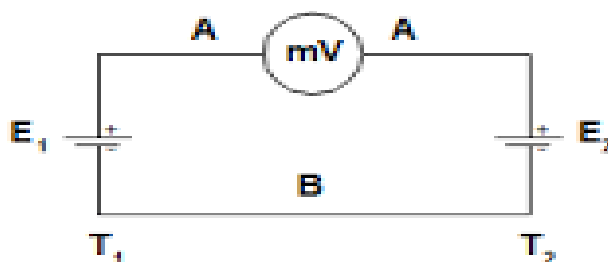
de temperatura e depende do tipo de material de cada fio. Para baixas temperaturas costuma-se utilizar um par de cobre-constantan. Como a fem de um único par é muito baixa, se conectam um grande número de junções termopares em série.

Figure 4. Esquema de uma planta de cogeração termoelétrica incluindo pontos de medição



Fonte: Kasten (1989)

Figure 5. Circuito de uma planta de cogeração termoelétrica incluindo pontos de medição

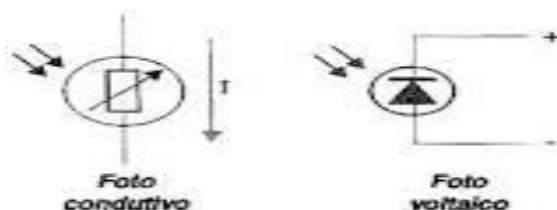


Fonte: Kasten (1989)

2.1.9. Sensores Fotoelétricos

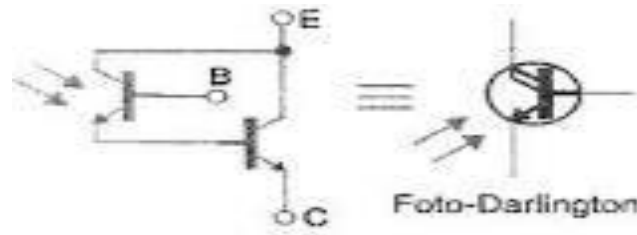
Berlato (1971), diz que estes sensores convertem parte da radiação solar incidente diretamente em electricidade, a qual é proporcional à intensidade da radiação. Geralmente, o sensor utilizado é do tipo fotovoltaico, sendo o mais comum a célula de silício ou fotodiodos, operados em curto-circuito.

Figure 6. Célula solar com uma resistência



Fonte: Kasten (1989)

Figure 7. Célula solar com uma resistência



Fonte: Kasten (1989)

Uma célula de silício responde quase instantaneamente à qualquer variação da radiação solar (tempo de resposta aproximadamente igual a 10 μ s). A linearidade entre corrente e radiação incidente, G , é alcançada dimensionando-se a resistência suficientemente pequena, tal que a queda de tensão através da resistência esteja abaixo da tensão de circuito aberto de $\approx 0,6$ Volts. Além disso, não apresentam sensibilidade à inclinação e tem um fator de resposta bastante alto, não necessitando amplificação do sinal de saída. Como desvantagem, apresentam seletividade espectral (mais forte somente nas regiões do vermelho e no infravermelho próximo). Também, sua sensibilidade angular em sensores desprovidos de camada anti-reflexiva pode ser importante. Entretanto, isto acontece para ângulos de incidência maiores que 60° , onde os níveis de irradiância já são menores.

2.1.10. Energia Solar

Corresponde a energia proveniente da luz e do calor emitidos pelo sol. Essa fonte poder aproveitada de forma fotovoltaica ou térmica, gerando energia eléctrica ou térmica, respectivamente. A energia solar é considerada uma das fontes mais limpa e umas das alternativas mais promissoras para obtenção de energia eléctrica. (Inciso, 2021:98)

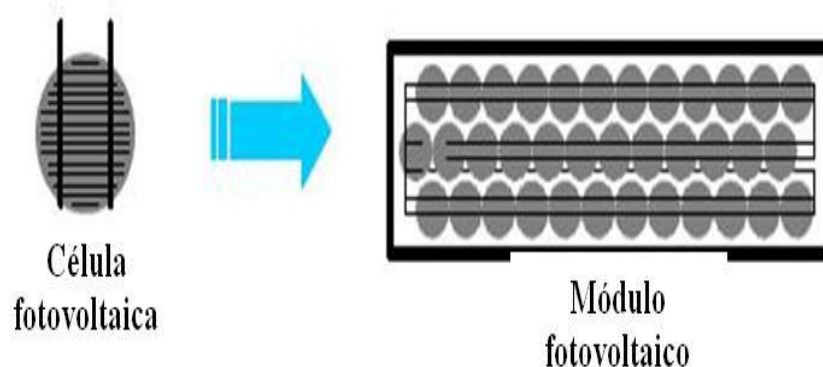
2.1.11. Energia Fotovoltaica

Segundo Braga (2008:90), "a energia fotovoltaica consiste na conversão directa da energia solar em energia eléctrica, a partir do efeito fotovoltaico". Esse efeito ocorre em materiais semicondutores que quando expostos aos fotões de luz, liberam uns electrões livre de sua estrutura, gerando assim uma corrente eléctrica. O silício é utilizado na maioria dos materiais semicondutores, pois seus átomos possuem quatro electrões e formam uma rede cristalina. Ao acrescentarmos fósforo, cujo átomo possui cinco electrões na camada de valência, a esse silício, um electrão ficará fracamente ligado ao núcleo. O silício acrescentado de fósforo poderá ser chamado de matéria do tipo N, ou seja, doador de electrões. Ao acrescentarmos boro no silício, elemento que possui apenas três electrões na camada de

valência, faltará um electrão para satisfazer a rede cristalina do silício, assim esse material será caracterizado como material P, pois está com falta de electrões. Ao juntarmos esses materiais, teremos então a junção PN. Ao expormos essa junção PN a fotões de luz, haverá o deslocamento de electrões do material do tipo N para o material do tipo P, gerando assim uma corrente eléctrica.

Para condicionarmos esse material semiconductor formado de junções PN foram então criados os painéis fotovoltaicos. Existe no mercado uma grande variedade de fabricantes, modelos, tipos de material semiconductor e formatos de painéis fotovoltaicos. Dentre os semicondutores mais utilizados na confecção das células o silício é o mais empregado. Essas células de silício são classificadas de acordo com a característica de sua estrutura molecular: monocristalinos, policristalinos e amorfo.

Figure 8. Célula fotovoltaica e o seu respectivo módulo fotovoltaico



Fonte: Braga (2008)

Os módulos são compostos por células fotovoltaicas, conforme mostra a Figura 8, e a conversão da radiação solar em energia eléctrica é obtida utilizando material semiconductor como elemento transformador, conhecido como célula solar ou célula fotovoltaica. Para que o material semiconductor se transforme em uma célula fotovoltaica, primeiro passa por uma etapa de purificação e posteriormente por uma etapa de dopagem. A dopagem ocorre através da adição de traços de certos elementos químicos, tais como boro e fósforo, dosados em quantidades certas, para formar a junção p-n.

Figure 9. Apresenta com detalhes o corte transversal e uma vista frontal de uma célula fotovoltaica

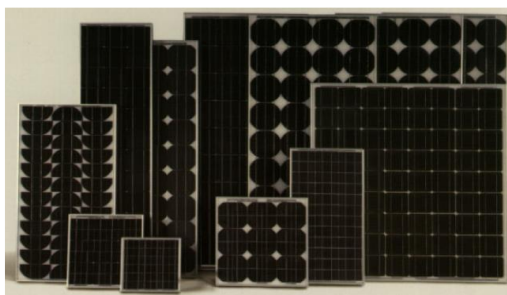


Fonte: Braga (2008)

2.1.12. Célula Fotovoltaica com Estrutura de Silício Monocristalino

Para Braga (2008), para fabricar as células com estrutura de silício monocristalino, o silício é levado a fornos para que seja aproveitado o dióxido de silício. O processo Czochralski é feito para garantir a pureza do silício. O silício fundido é então moldado em um cilindro e posteriormente cortado a espessuras de 300 μm . Em uma câmara com temperatura variando entre 800°C e 1000°C, essas finas placas são expostas ao vapor de fósforo e então estão prontas. Em geral, o silício monocristalino é a tecnologia que possui a maior eficiência em conversão da radiação solar em energia elétrica, chegando esta a 15%, porém devido à sua complexidade de fabricação apresenta elevado custo.

Figure 10. Módulos fotovoltaicos utilizando c-Si

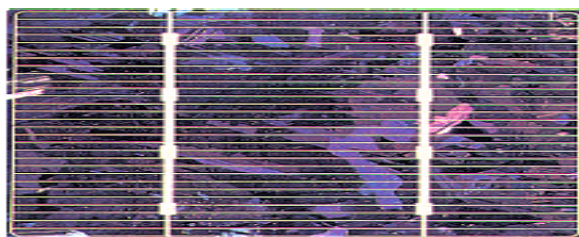


Fonte: Braga (2008)

2.1.13. Célula Fotovoltaica com Estrutura de Silício Policristalino

Para Braga (2008), se comparada com as células de silício monocristalino, essas células de silício policristalino apresentam um processo de fabricação semelhante, porém menos rigoroso, barateando assim o preço das células. A produção poder ser feita a partir de lingotes, deposição de filme em um substrato ou ainda em fitas. É possível encontrar células comerciais com valores de eficiência por volta de 15% a 18%.

Figure 11. Módulos fotovoltaicos utilizando estrutura policristalina



Fonte: Braga (2008)

2.1.14. Célula Fotovoltaica com Estrutura de Silício Amorfo

Segundo Braga (2008), a célula de silício amorfo possui alto grau de desordem em sua estrutura cristalina não se assemelhando às células anteriores. O processo de fabricação é feito a partir da deposição de diversos substratos. A grande vantagem para a utilização de células de silício amorfo está relacionada com a facilidade e baixo custo de produção. Mesmo apresentando eficiência menor que as anteriores, a célula de silício amorfo tem-se tornado uma escolha para sistemas de baixo custo. Vale ainda ressaltar que essas células são afectadas pelo processo de degradação logo após seus primeiros meses de operação, reduzindo assim sua vida útil.

Figure 12. Módulos fotovoltaicos utilizando a-Si



Fonte: Braga (2008)

Segundo Rütther (2004), dentre os filmes finos disponíveis comercialmente, os módulos de Silício Monocristalinos, são os que apresentam o melhor rendimento, razão pela qual várias empresas vêm investindo nesta tecnologia.

Table 1. Comparação de eficiência das tecnologias de células fotovoltaicas

Material	Eficiência		
	Máxima teórica	Em laboratório	Produção em serie
Silício Mono	24,7%	18%	14%

Silício Poli	19,8%	15%	13%
Silício Amorfo	15%	10,5%	7,5%
CIGS	18,8%	14%	10%
CdTe	16,4%	10%	9%

Fonte: (Souza, 2017)

2.1.15. Sistema de Micro-Geração de Energia Eléctrica

O sistema gerador de energia eléctrica através de fontes renováveis, com potência instalada inferior ou igual a 75kw. Essa categoria abrange a grande maioria dos consumidores residências e comerciais de pequeno e medio porte. (Aneel, 2012:14)

2.2. Desenvolvimento Circunstancial, Descritivo e Detalhado do Fenómeno

2.2.1. Breve Historial da Energia Fotovoltaica

O conhecimento do efeito fotovoltaico remonta ao século XIX, quando em 1839 Becquerel demonstrou a possibilidade de conversão da radiação luminosa em energia eléctrica mediante a incidência de luz em um eléctrodo mergulhado em uma solução de electrólito. Esse mesmo efeito é observado num sólido, o selénio, em 1877 por Adams e Day na Inglaterra. Em 1883 aparece a primeira célula solar produzida com selénio, com eficiência de conversão de aproximadamente 1%. Já neste século, na década de 30, os trabalhos de diversos pioneiros da física do estado sólido, como Lange, Grondahl e Schottkl, apresentaram importantes contribuições para se obter uma clara compreensão do efeito fotovoltaico em junção do estado sólido. Em 1941, Ohl obtém a primeiras fotocélulas de silício monocristalino. No ano de 1949, Billing e Plessnar medem a eficiência de fotocélulas de silício cristalino, ao mesmo tempo em que a teoria da junção P-N de Shockely é divulgada. É, porém, apenas em 1954 que surge a fotocélula de silício com as características semelhantes às encontradas hoje com eficiência de 6%. (Pinho, 2014:530)

O ano de 1958 marca o início, com grande sucesso, da utilização de fotocélulas nos programas espaciais, sendo este o principal uso das células solares até o final da década de 70. Grande impulso foi dado à utilização terrestre da geração fotovoltaica a partir da crise mundial de energia em 1973/1974. A partir do fim da década de 70, o uso terrestre supera o uso espacial, sendo que esta diferença tem aumentado grandemente. Este uso crescente vem sendo acompanhado por inovações que permitem o aumento da eficiência de conversão de energia das fotocélulas, bem como uma significativa redução de seus custos. O problema da eficiência de conversão e custo de material, e ainda o grande conhecimento adquirido pela teoria física das células têm impulsionado a pesquisa de células solares produzidas com

materiais diferentes do silício monocristalino. Actualmente são estudados e mesmo utilizados o silício policristalino e amorfo, o arseneto de gálio e o sulfeto de cádmio, dentre outros. No entanto, o conhecimento da tecnologia que emprega o silício, em particular o monocristal e a abundância da matéria-prima que lhe dá origem, tem sido as razões mais importantes que tornou o silício o material predominante no processo de desenvolvimento tecnológico. A energia fotovoltaica é produzida quando a energia solar incide sobre uma superfície capaz de realizar a conversão directa da luz em electricidade. Este fenómeno denomina-se efeito fotovoltaico. Para garantir o funcionamento desse efeito é necessária a instalação de células fotovoltaicas, que se caracterizam por apresentar um dispositivo com material semiconductor. (Pinho, 2014:532)

A principal fonte de electricidade é renovável e provem de usinas hidroeléctricas. No entanto, em períodos prolongados de escassez de chuva, há um grande risco de racionamento de electricidade, que está relacionado ao menor reservatório das barragens das usinas actuais. Uma das soluções a este desafio que vem sendo adoptada é a diversificação da matriz energética. Durante muito tempo, a energia solar fotovoltaica recebeu poucos investimentos e incentivos, devido ao seu alto valor de investimento, baixa eficiência, regulamentação desestimuladora e risco de desorganização económica da concessionária de electricidade.

Hoje em dia, é possível encontrar telhados fotovoltaicos em várias edificações de diversos tipos em centros urbanos dos principais países da Europa, notadamente Alemanha e Espanha, gerando energia limpa. Em Moçambique, a energia solar fotovoltaica ainda não conseguiu superar a barreira económica, pois a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos continua tendo um custo elevado em comparação à geração hidroeléctricas, principal fonte energética na matriz de geração do país. Analisando os resultados obtidos na análise do projecto proposto, este trabalho mostra que a produção de energia solar fotovoltaica está em vias de se tornar um investimento ao alcance da população de classe média-alta, mas ainda necessita de um ambiente mais favorável para sua expansão onde incentivos fiscais e de produção sejam concedidos por parte do governo, justificado pelo impacto ambiental que a disseminação desta tecnologia proporcionaria. Ou seja, em virtude do desenvolvimento tecnológico e redução de custos dos painéis solares fotovoltaicos, este tipo de tecnologia está amplamente difundida em diversos países. E ainda, graças à crise hídrica actual, o governo deve adoptar medidas para estimular a instalação de micro e minigeradores solares fotovoltaicos.

2.2.2. Relé – fotoelétrico

Para Mattede (2021), Relé Fotoelétrico também conhecido como Fotocélula ou Relé-fotoelétrico, é um dos primeiros componentes que tornaram a automação elétrica reconhecida. Este componente faz o monitoramento da manifestação luminosa de um determinado local, sendo accionado ao captar uma determinada intensidade luminosa, liberando ou interrompendo a energia que vai para a carga destinada.

Figure 13. Exemplos de fotocélula, em vários modelos



Fonte: Mattede (2021)

Com esta função, surge uma infinidade de aplicações para fotocélula, seja residencial, predial, industrial e entre outras. Um dos exemplos práticos de aplicação para a fotocélula, é no accionamento das lâmpadas dos postes, que acendem automaticamente ao escurecer.

É importante destacar que o nome fotocélula não é o mais adequado para este dispositivo, embora seja comumente usado por muitas pessoas, inclusive alguns profissionais da área. Na verdade fotocélula, célula fotovoltaica, célula fotoelétrica são termos usados se referir às células colectores de energia solar, mas como ambos os dispositivos trabalham de acordo com o princípio da iluminação, como fonte de accionamento ou fonte de energia, esta confusão com os nomes é muito comum.

Podemos salientar também que assim como um interruptor simples, o relé fotoelétrico também possui basicamente a função de accionar ou não um ponto de iluminação, porém a fotocélula é responsável por accionar este ponto de iluminação de acordo com a variação de luz sobre ele, ou seja, se tiver pouca luminosidade sobre a fotocélula ele acciona o ponto de iluminação.

2.3. Marco teórico

2.3.1. Sistema fotovoltaico com accionamento a fotocélula

Segundo Bandeira (2012), são sistemas fotovoltaicos onde há a geração de energia eléctrica através de radiação solar. Nesta configuração temos os painéis fotovoltaicos gerando energia eléctrica no formato de corrente contínua. Essa energia gerada é então encaminhada para um controlador de carga que é o dispositivo que faz a correta conexão entre o painel fotovoltaico e a bateria, evitando que a bateria seja sobrecarregada ou descarregada excessivamente por sua vez direciona para o banco de baterias que são dispositivos responsáveis por fazer o armazenamento da energia gerada pelos módulos, com intuito de suprir a demanda da mesma na ausência da energia solar, e a mesma envia a energia para um inversor de frequência que irá transformar a tensão contínua geralmente tensão entre 12 Volts a 30 Volts, para tensão alternada em 127 Volts ou 220 Volts, e assim estará pronto e seguro para enviar a energia eléctrica para carga, e com a instalação da fotocélula virá automatizar o circuito eléctrico.

Um sistema de geração fotovoltaica apresenta algumas características gerais com respeito à sua montagem. Para incorporar os painéis de maneira a produzir energia compatível aos equipamentos da carga a ser atendida;

- **Painel fotovoltaico:** corresponde à parte do sistema responsável pela geração de energia eléctrica. Neste, os módulos fotovoltaicos capturam a energia solar e a transforma em energia eléctrica de forma directa, ou seja, corrente contínua. É composto pelos módulos fotovoltaicos, suas estruturas de fixação e os fios condutores. O arranjo dos módulos pode ser feito em série, o que proporciona ao sistema, um ganho de tensão; em paralelo, onde há ganhos de corrente; e também pode ser montado uma combinação de módulos ligados em série, em que cada série é ligada em paralelo com outras séries de módulos, proporcionando, assim, ganhos de corrente e tensão.

- **Inversor GridTie:** formado pelos inversores do sistema. São alimentados pela corrente contínua que sai dos módulos fotovoltaicos e fornece de saída uma corrente alternada capaz de alimentar toda a carga a ser atendida, compatível em tensão, frequência e fase com a rede. A quantidade de inversores a ser instalada depende principalmente da potência de pico total do campo fotovoltaico.

- **Aparelhos Eléctricos (AC):** corresponde à alimentação de todos os equipamentos da carga através da corrente alternada que é fornecida pelos inversores.

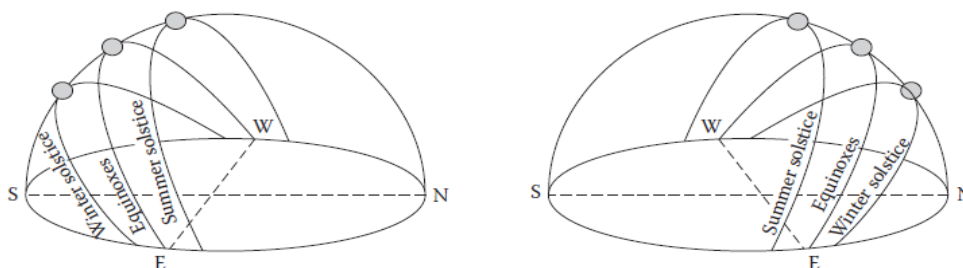
2.3.2. Inclinação e Orientação dos Módulos Solares

Segundo Villalva, (2012), há duas orientações básicas que devem ser seguidas para a correcta instalação de um módulo solar:

1. Sempre que possível, orientar o módulo com sua face voltada para o norte geográfico, o que maximiza a produção média diária de energia;
2. Ajustar o ângulo de inclinação correcto do módulo com relação ao solo para otimizar a produção de energia ao longo do ano. Para isso, deve-se levar em conta a latitude geográfica da localidade onde o sistema é instalado.

Explanando as orientações anteriormente ditas, a trajetória do Sol na abóboda celeste ocorre sobre a linha do equador terrestre, com variações conforme as estações do ano. Para quem encontra-se no hemisfério sul, essa trajetória é visualizada sempre ao norte. Por esse motivo, é imprescindível a orientação do módulo solar a essa direcção.

Figure 14. Movimento aparente de sol observado a partir do hemisfério norte (esquerda) e sul (direita)

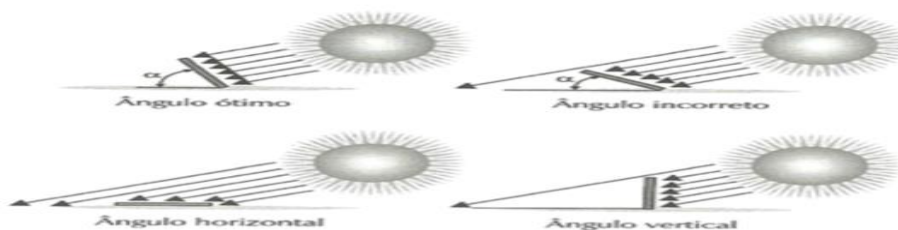


Fonte: Vilhalva, (2012)

Com relação à orientação número 2, o planeta Terra possui uma leve inclinação em seu eixo de $23,5^\circ$ C, e somado ao fato de que a superfície do planeta é curva, temos como resultado a incidência não uniforme dos raios solares ao longo de sua superfície.

Para compensar esse fato, é necessário encontrar um ângulo de inclinação de tal forma de captação dos raios solares seja otimizada. Um ângulo com inclinação não ideal implicaria no não total aproveitamento do recurso solar, conforme é mostrado na figura 14. O ângulo em questão depende da latitude em que se encontra o local de instalação do sistema fotovoltaico. Latitudes maiores implicam em ângulos de inclinação maiores.

Figure 15. Demonstração do ângulo ótimo para inclinação de painéis solares



Fonte: Villalva, (2012)

2.3.3. Cenário de Perdas

Segundo Foster (2009), as perdas em sistemas fotovoltaicos influenciam seu desempenho e são causadas por inúmeros factores. Os principais são sombreamento, temperatura no módulo e desvio no rendimento nominal do módulo devido à radiação, que não se mantém uniforme durante o dia. Porém, outros factores ainda devem ser levados em consideração, como por exemplo perdas nos condutores, eficiência do inversor, diodos e conexões, degradação dos módulos e também sujeira nos mesmos. Mostra a eficiência média de um sistema fotovoltaico através da tabela 2.

Table 2. Eficiência média de componentes de um sistema fotovoltaico

Componente	Eficiência
Placa Fotovoltaica	80%–85%
Inversor	80%–90%
Cabeamento	97% – 98%
Desconexões e fusíveis	98% – 99%
Eficiência total do sistema	60% – 75%

Fonte: Foster, (2009)

Miranda (2014), analisa as perdas de maneira diferente e mais específica, porém levando em conta os pontos principais apontados na tabela anterior. O resultado é mostrado na tabela.

Table 3. Perdas típicas em um sistema fotovoltaico

Perda	Valor considerado	Variação da perda
Desvio no rendimento nominal do módulo e da radiação de 1000W/m ²	2,5%	-5% a 10%
Temperatura no módulo	3,5%	-3% a 6%
Perdas nos condutores do lado CC	2%	1% a 3%
Perdas nos condutores do lado CA	1%	0,7% a 2%
Eficiência do Inversor na conversão	1,5%	1% a 15%
(Mismatch) no MPPT	2%	1,5% a 3%
Sombreamento	0%	0% a 100%
Doidos e Conexões	0,5%	0,3% a 1%
Sistema (Solar-Tracking)	0%	0% a 2%
Degradação na incidência solar inicial	1%	1% a 10%
Sujeira nos módulos	2%	2% a 25%
Total de perdas	16%	

Fonte: Miranda, (2014)

Deve-se ainda considerar as perdas de degradação dos painéis. Segundo Jordan, (2013), estima-se um decaimento médio anual de 0,8% na eficiência de células de silício cristalino. Outro ponto muito importante a de ser levado em consideração quando se trata da correcta inclinação e orientação dos painéis fotovoltaicos, a questão arquitetónica.

Capítulo III

3. Metodologia

De acordo com Lakatos & Marconi (1991:17), método é conjunto de actividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objectivo, conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as divisões do cientista.

3.1. Tipo de Investigação

Tipos de pesquisa que vai se usar serão a qualitativa e quantitativa. Esses dois tipos de pesquisas a quantitativa se baseia em números e cálculos estatísticos, enquanto a pesquisa qualitativa tem base no carácter subjectivo, usando narrativas escritas. Esta pesquisa ira ajudar muito na concretização dos objectivos traçados na medida que vai permitir colectar as qualidades e fidelidades nas informações necessárias para o trabalho.

Quanto aos Objectivos:

A pesquisa é exploratória porque permite o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. O pesquisador constata e estuda a frequência de uma variável. Visa proporcionar maior proximidade com o problema, objectivando tornando explícito. Procura aprimorar ideias ou descobrir intuições indicadas para as fases de revisão da literatura, formulação de problemas, levantamento de hipóteses, identificação e operacionalização das variáveis. Fonseca, (2002:32)

3.2. Técnicas de Recolha de Dados

Para a realização desta pesquisa serão usadas técnicas como o uso da entrevista, observação directa, o questionário.

De acordo com Lakatos & Marconi (2003:122), técnicas são consideradas um conjunto de preceitos ou processos de que se serve uma ciência; são, também, a habilidade para usar esses preceitos ou normas, na obtenção de seus propósitos.

-A observação – conforme Gil (2002:35), é o procedimento fundamental na construção de hipóteses. O estabelecimento assistemático de relações entre os factos no dia-a-dia é que fornece os indícios para a solução dos problemas propostos pela ciência. Alguns estudos valem-se exclusivamente de hipóteses de origem. Todavia, por si só, essas hipóteses têm poucas probabilidades de conduzir a um conhecimento suficientemente geral e explicativo.

-Entrevista – em todas as acções que envolvem indivíduos, é importante que as pessoas compreendam o que ocorre com os outros. A grande maioria tenta colocar-se no lugar das outras pessoas, imaginar e analisar como os demais pensam, agem e reagem. A melhor situação para participar na mente do outro ser humano é a interacção face a face, pois o carácter, inquestionável, de proximidade entre as pessoas, que proporcionam as melhores possibilidades de penetrar na mente, vida e definição dos indivíduos. Esse tipo de interacção entre as pessoas é um elemento fundamental nas pesquisas, como já é sabido no caso da aplicação de questionários.

-Questionário – Goode & Richardson (1989:151), todo questionário deve ter uma extensão e um propósito limitado. Todo aspecto incluído no questionário constitui uma hipótese, isto é, a inclusão de todos e cada um dos pontos deve ser possível de defender que está trabalhando.

Portanto, para o presente estudo será elaborado um questionário estruturado, com perguntas de respostas abertas que possibilitem os inqueridos que tenham maior faculdade de exprimirem os seus sentimentos assim como também da matéria em estudo.

-Consulta de Fontes Bibliográficas – De acordo com Lakatos & Marconi (2003:98), é uma técnica que constitui na consulta de diversas literaturas de autores que abordam sobre a temática em estudo.

3.3. Universo

Esta pesquisa tem como amostra, estudantes do curso noturno da Escola Secundária geral e Pré-universitária de Mocuba que conta com um total de 2049 estudantes, 163 professores e 4 guardas.

3.4. Amostra

Entretanto a pesquisa tem como amostra alguns estudantes, a direcção da escola e guardas tem olhado para este projecto com benefício significativo. E que serviu de fonte e ferramenta para facilitar na recolha de informações que foram analisadas. Com um total de dez pessoas: cinco (5 estudantes, dois (2) professores, dois (2) guardas e o Director da escola). Que foram seleccionadas de acordo com a idade para se aferir o grau maior das respostas.

Capítulo IV

4. Resultados

4.1. Questionário para a direcção

Table 4. Perguntas para a direcção

	SIM	NÃO
Olhando para a situação actual, em relação aos sequestros, violação e vandalismo que têm aumentando muito nos últimos tempos no nosso país! A instituição já pensou em uma solução para minimizar a falta de iluminação no recinto da escola e no muro de vedação para facilitar a vigilância e também para ajudar a manter a saúde e vida dos estudantes e dos funcionários desta instituição?	100%	0%

Na tabela 4, 100% Da direcção inquerida diz que **sim** pensaram nesta solução.

NB: A direcção diz que apesar da extrema necessidade de ter iluminação adequada para melhor vigilância e segurança da instituição, não avançaram com a ideia porque, estes dizem que a corrente eléctrica está cada vez mais cara e gastam muitos KW/h e consequentemente muito dinheiro.

Alguma vez os estudantes ou guardas já apresentaram casos de vandalismo ou violação?



Fonte: autor 2022

No gráfico 1, 90% Das pessoas inqueridas dizem que é frequente casos de roubo e vandalismo na escola por causa da falta de iluminação que nela carece, e os 5% das pessoas inqueridas dizem que não é frequente os casos de roubo e vandalismo na escola mas tem existido casos do mesmo e somente 5% é que diz que nunca ouviu casos de roubo e vandalismo.

Table 5. Ilustração da tarifa utilizada na escola

A instituição usa a tarifa Geral e consequentemente gasta 50.000.00 por mês.

Na tabela 5, a direcção diz que com as cargas que têm não justifica o elevadíssimo montante investido, e que se existisse uma alternativa para suprir a necessidade da corrente eléctrica pensariam na possibilidade de investir.

Table 6. Classificação do preço da energia eléctrica

Classificação do preço da energia eléctrica	
Muito cara	X
Cara	
Normal	
Acessível	

Na tabela 6, a instituição faz o juízo de valor em relação a compra de energia eléctrica, 100% das pessoas inquiridas dizem que a compra da energia eléctrica esta muito cara.

Table 7. Ilustra a necessidade da aplicação de um sistema fotovoltaico

O que acha da criação de um sistema fotovoltaico para gerir a iluminação do recinto e do muro de vedação da escola?

Na tabela 7, 100% da direcção diz que a escola devia abraçar o projecto, porque pela vida útil do empreendimento lhes ia ser económico, e o que lhes foi apresentado neste projecto e fazendo o estudo de viabilidade é muito mais viável do que o contracto feito com a concessionária EDM. E também sugerem para adoptar este sistema para toda a escola.

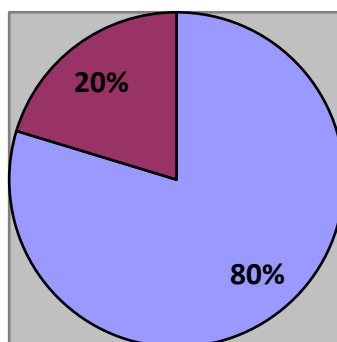
4.2. Questionário para os estudantes

Table 8. Perguntas para os estudantes

	SIM	NÃO
A iluminação que o recinto oferece é suficiente?	0%	100%

Na tabela 8, 100% dos estudantes inqueridos dizem que Não. A iluminação patente nas salas não são adequadas para o tipo de actividade que se exerce, e dizem que no recinto tem muita falta de iluminação que até chega a dar medo.

Sabendo que as casas de banho estão ligeiramente distante e o recinto carece de iluminação, já deixaste de ir por medo?



No gráfico 2, 80% dos estudantes dizem que Sim. Já deixaram de ir por medo. E os restantes 20% dizem que Não. Encaram o medo e conseguem ir a casa de banho.

Table 9. Ilustra os casos de vandalismo na escola

	SIM	NÃO
Já viste ou ouviste algum caso de roubo ou vandalismo na escola?	100%	0%

Na tabela 9, 100% dos estudantes inqueridos diz que **Sim**. Dizem que este tipo de casos é frequente e que a falta de iluminação adequada contribuiu na totalidade nestes casos, impossibilitando a boa vigilância no recinto da instituição.

Table 10. Aborda a falta de iluminação no recinto escolar

Qual é a vossa posição quanto a falta de iluminação no recinto escolar?

Na tabela 10, os estudantes dizem que com a falta de iluminação torna difícil manter a segurança pessoal, dos seus transportes e dos seus bens matérias. E nas salas de aulas por contar com a ausência de iluminação adequada tornam-se complicadas as aulas, porque não conseguem ler e escrever direto (pior ainda para os que têm problemas de vista).

Table 11. Aborda a criação de um sistema fotovoltaico para gerar iluminação no recinto e o muro da escola

	SIM	NÃO
O que acha da criação de um sistema fotovoltaico para gerir a iluminação do recinto e do muro da escola?	100%	0%

Na tabela 11, 100% dos estudantes inqueridos dizem estar a favor do projecto. Porque isso não só reduziria os custos da renda de corrente eléctrica, mas facilitar na segurança e circulação dos que frequentam a instituição no período nocturno.

4.3. Questionário para os guardas.

Table 12. Pergunta para os guardas

Quantos guardas são?

Na tabela 12, os guardas dizem e confirmam que são 4 guardas.

Table 13. Aborda como é feita a distribuição dos turnos

Como é feita a distribuição de turnos?

Na tabela 13, os guardas dizem e confirmam que há um regime de 2 guardas trabalhando no turno de dia e outros 2 no turno da noite durante 2 dias depois é o inverso.

Table 14. Aborda como é feita a vigilância na escola

Como é feita a vigilância na escola?

Na tabela 14, os guardas dizem e confirmam que têm como material somente uma lanterna sem muita potência para iluminar o vasto recinto que também carece de iluminação tornando impossível uma vigilância adequada.

Table 15. Aborda as dificuldades que os guardas tem durante a vigilância no recinto escolar no período da noite

Qual é a dificuldade que tens na vigilância do recinto da escola no período da noite?

Na tabela 15, os guardas dizem e confirmam que tem como maior dificuldade a falta de iluminação, porque não conseguem ver quem entra e quem sai. E a outra grande dificuldade que encaram é a quantidade de guardas para o vasto recinto.

Table 16.

No seu turno, já houve casos de roubo ou vandalismo na escola sem que o senhor percebesse?

Na tabela 15, os guardas dizem e confirmam que há vários casos de roubos com grande contribuição da falta de iluminação e na ausência de estudantes tem havido casos de vandalismo.

Table 17. Aborda a necessidade de aumentar a iluminação no recinto escolar

O que acha de aumentar a iluminação no recinto e no muro da escola?

Na tabela 16, os guardas dizem e confirmam que é com extrema urgência que precisam de aumentar a iluminação para pelo menos poderem cobrir o perímetro mais movimentado do recinto.

4.4. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico Off-Grid

Os cálculos aqui realizados foram feitos levando em conta a necessidade da carga. Para o dimensionamento dos nossos painéis fotovoltaicos, será considerando o mês com a menor incidência solar durante o verão e o inverno (pior caso), garantindo assim o pleno funcionamento do sistema durante todos os meses do ano. Primeiramente foi necessário achar a potência total da carga instalada no recinto escolar.

Sabendo que a potência da luz é de 600W e considerado a dimensão do recinto, decide colocar 12 pontos de luz. Sendo assim:

$$P_{tc} = P_l \times N_l \quad (\text{Eq: 01})$$

$$P_{tc} = 600 \times 12$$

$$P_{tc} = 7200W$$

Onde:

P_{tc} – Potência total da carga;

P_l – Potência da luz;

N_l – Número de luzes.

Depois de achar a potência total da carga, tivemos que achar o número de painéis:

$$N_{\text{painéis}} = \frac{P_{tc}}{P_{\text{painel}}} \quad (\text{Eq: 02})$$

$$N_{\text{painéis}} = \frac{7200}{680}$$

$$N_{\text{painéis}} = 11$$

Onde:

$N_{\text{painéis}}$ – Número de painéis;

P_{tc} – Potência total da carga;

P_{painel} – Potência do painel.

Por questão de perdas achamos melhor aumentar para 13 o número de painéis, para deixar o sistema mais eficiente.

Para poder encontrar a potência total do sistema:

$$P_{ts} = P_{\text{painel}} \times N_{\text{painel}} \quad (\text{Eq: 03})$$

$$P_{ts} = 680 \times 13$$

$$P_{ts} = 8840wp.$$

Onde:

Pts – Potência total do sistema;

Ppainel – Potencia do painel;

Npainel – número de painel.

A potência do Sistema é de 8840wp. Consideramos os meses com menos irradiação solar e as perdas dos condutores o sistema sofreu um total de 30% de perda no seu rendimento. Com isso o sistema nos fornecerá:

$$N = Pts - (Pts \times Hp) \quad (\text{Eq: 04})$$

$$N = 8840 - (8840 \times 0,15)$$

$$N = 7514wp$$

Onde:

N – Rendimento;

Pts – Potência total do sistema;

Hp – Perda;

NB: consideramos os meses com menor radiação solar, o sistema forneceu 7514wp/h e contado com 10h de radiação solar por dia, o sistema obteve:

$$PS_{\text{menor radiação}} = N \times Tu \quad (\text{Eq: 05})$$

$$PS_{\text{menor radiação}} = 7514 \times 10$$

$$PS_{\text{menor radiação}} = 75140wp/dia$$

Onde:

PSmenor radiação – Potência do sistema com menor radiação;

N – Rendimento;

Tu – Tempo de utilização.

Após as perdas, o sistema forneceu 75140wp. Depois de termos a potência do sistema tivemos que dimensionar a potência do nosso controlador de carga que deve ter uma potência e uma tensão maior que à do banco de baterias. Logo, para dimensionar o controlador de carga é necessário primeiro ter a potência do banco de baterias para melhor protecção, isto é:

$$Cd = Pc/h \times Tu \quad (\text{Eq: 06})$$

$$Cd = 7200 \times 12$$

$$Cd = 86400wp/h$$

$$Gd = Ps/h \times Tr \quad (\text{Eq: 07})$$

$$Gd = 8840 \times 10$$

$$Gd = 88400wp$$

Onde:

Cd – Consumo diário;

Gd – geração diária;

Pc/h – Potência consumida por hora;

Ps/h – Potencia do sistema por hora;

Tu – Tempo de utilização;

Tr – Tempo radiação.

Tendo 86400wp/h como o nosso consumo diário e 88400wp de geração diária do sistema. Para que o banco de bateria pudesse suportar 2 dias de uso, sem precisar recarregar, então fiz:

$$EA = Gd \times \text{Autonomia} \quad (\text{Eq: 08})$$

$$EA = 88400 \times 2$$

$$EA = 176800\text{WH}/\text{dia}$$

EA – Energia armazenada;

ECD – Geração diária;

Autonomia – tempo de uso sem recarregamento.

O nosso banco de baterias tem 176800WH como potencia, com capacidade de suportar 2 dias sem recarregar. Considerei que o banco de baterias tem 24V:

$$CBB = \frac{EA}{VB} = \frac{176800}{24} \quad (\text{Eq: 09})$$

$$CBB = 7366,7\text{AH}$$

Onde:

CBB – Capacidade do banco de baterias;

EA – Energia armazenada;

VB – Tensão do banco.

Para saber quantas baterias o banco teria, fiz:

$$NBS = \frac{V_{\text{banco}}}{V_{\text{bateria}}} \quad (\text{Eq: 10}) \quad NBP = \frac{CBB}{I_{\text{bateria}}} \quad (\text{Eq: 11}) \quad NTB = NBS \times NBP \quad (\text{Eq: 12})$$

$$NBS = \frac{24}{12} = 2 \text{ Baterias} \quad NBP = \frac{7366,7}{220} = 33,5 \approx 34 \text{ Baterias} \quad NTB = 2 \times 34 = 68 \text{ baterias}$$

Onde:

NBS – Número de baterias em serie;

NBP – Número de baterias em paralelo;

NTB – Número total de baterias;

Vbanco – Tensão do banco;

Vbateria – Tensão da bateria;

CBB – Capacidade do banco de baterias;

Ibateria – Corrente da bateria.

Depois de ter dimensionado o banco de baterias constatamos que o banco contaria com um total de 68 baterias de 12v e o banco tem uma tensão de 24v. Que estarão conectadas em uma configuração mista, em que 2 estarão conectadas em serie e 34 estarão conectadas em paralelo para melhor protecção.

Com o banco de baterias dimensionado, pude escolher a marca e assim poder dimensionar o controlador de carga para protecção do próprio banco de baterias. Usei o controlador de carga de modelo MPPT dimensionado da seguinte maneira:

$$CC = \frac{Pp \times Np}{VB} \times Fs \quad (\text{Eq: 13})$$

$$CC = \frac{680 \times 13}{24} \times 1,25$$

$$CC = 368,3 \times 1,25$$

$$CC = 460,4 \approx 500^a$$

Onde:

CC – Controlador de carga;

Pp – Potencia do painel;

VB – Tensão do banco;

Fs – Factor de serviço.

Após o dimensionamento constatei que o controlador de carga de modelo MPPT para auxiliar o banco de baterias tem de ter 500A.

Sendo assim, depois de ter dimensionado a potência consumida, potência do sistema, o banco de baterias e o controlador de carga, e por fim chegou o momento para dimensionar o ultimo item do sistema fotovoltaico o inversor de corrente:

$$P_{\text{inversor}} = P_p \times N_p \quad (\text{Eq: 14})$$

$$P_{\text{inversor}} = 680 \times 13$$

$$P_{\text{inversor}} = 8840 \approx 9000W$$

P_{inversor} – Potência do painel;

P_p – Potencia do painel;

N_p – Número de painéis.

Entretanto, depois de finalmente ter dimensionado o inversor, o sistema já esta pronto para funcionar e alimentar a carga.

Tabela 1. Esta tabela ilustra de uma forma clara os materiais utilizados.

Equipamentos	Quantidades
Módulos de 680wp	13 Unidades
Controlador de carga MPPT 500 ^a	1 Unidade
Bateria 12V	68 Unidades
Inversor 9000w	1 Unidade
Disjuntor Termomagnético Tripolar CC	1 Unidade
Relé-fotoelétrico 7500w	1 Unidade
Conductor Trifilar	8 Rolos de 100m
Luz Led 600w	12 Unidades
Poste de ferro 4m	20 Unidades

Fonte: Autor 2022

Foram dimensionados os painéis, o controlador de carga, o banco de baterias e o inversor de carga de forma a atender as limitações técnicas e para garantir seu bom funcionamento e desempenho do sistema.

Neste projecto, as protecções utilizadas tanto do lado CA quanto do lado CC contam com um dimensionamento pré-definido associado à potência do sistema instalado. Na protecção do lado CC será utilizado um disjuntor termomagnético tripolar conectados individualmente na entrada de acordo com as normas rígidas. Os cabos utilizados para realizar as conexões entre os painéis fotovoltaicos, o controlador de carga, o banco de baterias e o inversor de corrente, atenderam as normas, com uma cobertura de tensão de até 1.25kv para suportar as variações da temperatura da região.

4.5. Análise Financeira

Como o projecto não visa fins lucrativos, somente académicos, consoante as pesquisas e cálculos feitos. A tabela a seguir apresenta O custo total do investimento para a instalação do Sistema Fotovoltaico.

Tabela 2. Custo total do investimento para instalação do Sistema On-Grid

Equipamento	Valores
Painel	655.616,00
Controlador de carga	7.900,00
Bateria	652.800,00
Inversor	45.000,00
Luz led	39.600,00
Condutores	24.000,00
Rele-fotoeléctrico	750,00
Equipamentos de protecção	2.000,00
Postes de ferro	8.000,00
Total	1.435.666,00

Fonte: Autor 2022

Capítulo V

5. Discussão

Embora uma instalação fotovoltaica seja uma solução de produção de energia mais sustentável, os consumidores, com este investimento, pretendem recuperar o capital investido. Com o estudo económico pretende-se avaliar vários fatores, como o capital necessário a investir, poupança energética, preço de venda de energia entre outras, com o objectivo de aferir a rentabilidade do projecto. Num sistema destinado ao autoconsumo, a receita baseia-se na poupança energética.

Conforme apresentado, o sistema fotovoltaico criado para alimentar as luzes no muro de vedação e o recinto tem a capacidade de geração de 88400wp por dia, para suprir um consumo de 86400w por dia. Segundo os cálculos o projecto tem um custo aproximadamente 1.435.666,00 Mts no total. Este projecto de geração já conta com dispositivos de proteção necessários, cabos utilizados na parte CC para instalação, os 13 módulos fotovoltaicos de 680wp, um controlador de carga de 500A, um banco de baterias com uma tensão de 24v e com uma intensidade da corrente de 7366,7Ah, 68 baterias com uma conexão mista, com uma capacidade de 176800wh/dia, uma autonomia de suportar 2 dias sem recarregamento, um inversor de corrente de 7500w, 12 luzes led, um relé-fotovoltaico de 7500w, conductores trifilares e os seus respectivos postes de ferro. Como em um primeiro cálculo para realização do dimensionamento do sistema não foram consideradas perdas, pode-se afirmar que o sistema está superdimensionado. Deste modo, há a possibilidade de aumentar o potencial de geração, instalando módulos a mais e/ou elevar o número de baterias, desde que sejam compatíveis com o modelo em questão, e não ultrapassem as especificações de funcionamento do inversor.

Para dimensionar corretamente o sistema foi necessário conhecer o perfil de consumo energético do edifício. Para tal, recorreu-se à análise das faturas de eletricidade disponibilizadas. Analisando o consumo do edifício em causa, verifica-se que o perfil diário de consumo é constante durante os dias da semana, sendo que as horas de maior necessidade energética correspondem às horas de maior produção fotovoltaica. Desta forma, e de acordo com a metodologia proposta, dimensionou-se o sistema para a altura de inverno e o sistema produzirá mais energia. Para a análise da viabilidade deste investimento, o sistema foi analisado do ponto de vista técnico e económico. Para tal foram realizadas simulações, com o intuito de aferir qual seria a produção total do sistema, a energia fotovoltaica consumida e a energia excedente.

Se a instituição tivesse escolhido usar a corrente eléctrica da consseccionaria EDM teria os seguintes gastos: por dia teria uma dispesa de 719.7,00mts, por mês 21.591,36mts, 259.096,32mts por ano e por fim em 25 anos gastariam 6.477.408,00mts.

Segundo Bicalho (2018), para análise e avaliação do desempenho de sistemas fotovoltaicos, internacionalmente são utilizados parâmetros que fornecem índices de avaliação que associam a potência e geração a fim de fornecer uma visão do sistema como um todo. Os parâmetros normalmente utilizados são o YIELD, a Performance Ratio e o Factor de Capacidade. Esses factores são calculados de acordo com algumas especificações do sistema e usualmente são referenciados a um período fixo que pode ser de quinzenal, mensal, anual ou em qualquer intervalo em que se deseja realizar a análise. O YIELD, ou produtividade, mostra a relação entre a energia gerada (kWh) e a potência instalada (kW). Esse fator explicita a quantidade de horas necessárias para que seja gerada a mesma energia caso o sistema operasse por todo o tempo com potência máxima.

Outro fator analisado é o Performance Ratio, ou taxa de desempenho que fornece a relação entre a produtividade e o número de horas em que se tem sol pleno. Esse fator é dado em % e quanto maior seu valor melhor a taxa de desempenho. Ainda, através dele, podem ser detectadas falhas por aquecimento, ineficiência e sombreamento, além de falhas no sistema como um todo. (Bicalho et al., 2018)

Segundo a SMA SOLAR (2018), sistemas fotovoltaicos eficientes chegam a alcançar valores de Performance Ratio próximos ou até superiores a 80%. Ainda, para avaliação de desempenho, é utilizado o Factor de Capacidade, que expressa a relação entre a energia que foi gerada e a que seria gerada caso houvesse potência nominal por todo o tempo. Podemos então ter uma ideia da proporção de semelhança entre o sistema real e a capacidade máxima do sistema.

O tempo de payback (retorno) para este tipo de instalação ainda é alto em Mocambique, visto que a maioria dos produtos utilizados são importados, o que encarece de aquisição. Lembrando que como alguns dos produtos listados são importados. Seus preços dependem da cotação do dólar, por isso, podem variar de um dia para outro. Na análise da viabilidade económica do projecto, serão utilizados indicadores de desempenho que serão calculados através de fluxos financeiros. Incluem-se nestes indicadores, o VAL (Valor Atual Líquido), TIR (Taxa Interna de Rentabilidade) e o Período de Retorno.

Para Eick (2010), a realização de uma análise financeira em projetos fotovoltaicos é necessária à medida em que este é um investimento a ser despendido. Assim, como todo investimento, é importante saber seu retorno e compará-lo com outros investimentos disponíveis, a fim de verificar sua atratividade. Índices como Payback (simples ou descontado), Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) são amplamente utilizados nas mais diversas análises econômicas devido à sua característica de comparação e quantização de valores decisivos para investimento. O Payback analisado para investimentos pode ser o simples ou o descontado. O Payback, tanto simples quanto o descontado mostram o retorno do investimento do projeto, ou seja, o tempo que demora para que o investimento “se pague”. O Payback Simples é de fácil aplicação, fácil interpretação, mostra o risco e a liquidez do investimento.

Capítulo VI

6. Conclusão

Até que ponto a criação de um sistema fotovoltaico com accionamento a fotocélula irá gerar iluminação, no recinto e no muro de vedação da Escola Secundaria Geral e Pré-universitária de Mocuba e qual é o impacto económico?

O consumo de energia gerada por fontes renováveis, principalmente a energia fotovoltaica, cresce exponencialmente em todo o mundo, por efeito de novas tecnologias estarem surgindo, fazendo com que os custos dos equipamentos sejam cada dia menores com uma maior eficiência.

Sendo que, as tecnologias solares são capazes de converter radiação solar em energia eléctrica. O crescimento acelerado de tecnologias solares fotovoltaicas para a geração de energia eléctrica tem resultado em tecnologias cada vez mais eficientes e com preços mais competitivos globalmente, o que torna a utilização dessas tecnologias em uma alternativa para os elevados custos da energia eléctrica da concessionária. Além disso, a inserção da tecnologia solar na matriz energética em Moçambique reduziria a dependência da energia eléctrica proveniente de hidroeléctricas e termoeléctrica, principalmente nos períodos de seca. A importância da energia solar tem carácter social, ambiental e económico. As principais vantagens da energia solar são: a redução da emissão de gases do efeito estufa, do consumo de recursos não renováveis e da dependência da oferta interna de energia. O elevado custo das tecnologias solares, as actuais condições de mercado, como a falta de programas de incentivo e políticas públicas que promovam a inserção da energia solar, são as maiores limitações da utilização desse tipo de energia.

O Custo elevado para a instalação de sistemas fotovoltaicos faz com que essa tecnologia inviabilize o interesse do empresário em investir nessa área, confirmando a hipótese sugerida, porém através da análise da viabilidade económica da implantação de uma usina solar na província da Zambézia, distrito de Mocuba foi possível concluir que a tecnologia é muito cara num financiamento que custou o valor total de 76 milhões de dólares americanos.

O estudo objectivou Análise do Impacto Económico e a criação de um sistema fotovoltaico para gerir a iluminação no muro de vedação e o recinto da Escola Secundaria Geral e Pré-universitária de Mocuba, como alternativa para redução de custos e de diversificação energética.

Para tal, realizou-se pesquisa exploratória, por meio de um estudo de caso em uma escola no distrito de Mocuba. Para a análise da viabilidade económica-financeira da energia solar fotovoltaica foram analisados o valor gasto por mês, em 1 ano e em 25 anos.

Os resultados revelaram que o projecto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos, e de diversificação energética é viável considerando e analisando os dados fornecidos. A implementação do projecto de criação do sistema fotovoltaico teria um custo aproximado à 1.435.666,00mts. Se a direcção da escola tivesse optado por usar a corrente eléctrica fornecida pela concessionária, teria gasto um valor não muito de: 6.477.408,00mts em 25 anos (que é o tempo de vida útil do projecto fotovoltaico).

Com os resultados obtidos após a descrição das condições de instalação do local e da análise do sistema fotovoltaico (Off-Grid), é possível concluir que a instituição ao implementar o projecto economizou cerca de 5.041.742,00mts.

Dáí respondeu-se a seguinte hipótese: o dimensionamento do sistema fotovoltaico Off-Grid conectado a fotocélula irá reduzir os custos da compra de energia eléctrica? Sim, reduziu cerca de 90% do valor que teria sido gasto.

Apos aplicação do projecto de sistema fotovoltaico na Escola Secundária Geral e Pré-universitária de Mocuba, melhorou a iluminação no recinto da escola, assim dando a oportunidade de melhor circulação no recinto, com a iluminação vem a melhoria na segurança assim também ajudando na vigilância do mesmo. O projecto também trouxe melhorias económica a direcção da escola, trazendo assim o bem para todos que da instituição e que frequentam na instituição no curso nocturno.

Deixamos as seguintes sugestões:

Para trabalhos futuros do mesmo âmbito do que o estudo apresentado, existem algumas propostas a considerar. De modo a conhecer melhor o perfil de consumo do cliente, seria melhor ter consumos de pelo menos um ano. Esses registos poderão ser úteis para conhecer de forma mais precisa a distribuição do consumo, facilitando dimensionamentos mais adequados. Seria também útil, em trabalhos futuros, a exploração de outras configurações para o sistema fotovoltaico a implementar. Torna-se também interessante acompanhar a evolução dos preços dos equipamentos, especialmente dos sistemas de armazenamento, dado que estes têm um peso significativo no investimento final. Por fim, poderá haver também vantagens em fazer um acompanhamento do cliente depois da introdução do sistema energético, na medida em que é possível analisar se existe alguma

diferença nos consumos energéticos. Pode também vir a ser viável a instalação de armazenamento se os preços baixarem.

Em termos gerais, para que haja ainda uma expansão da geração fotovoltaica em Moçambique é necessário fazer políticas de incentivos através de financiamentos com baixas taxas de juros e isenções fiscais. Por ser uma tecnologia extremamente dependente do mercado externo, é necessário que haja ainda desenvolvimento das indústrias nesse sector para que ocorram reduções nos custos de implantação de sistemas fotovoltaicos, considerando que Moçambique apresenta condições favoráveis ao aproveitamento desse tipo de geração de energia.

A instituição deve seguir a risca o programa de manutenção (preventiva e correctiva) para o melhor desempenho do próprio sistema.

p

Referencias Bibliográficas

- ANEEL. Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL. 24/05/17 ed, 2017.
- BANDEIRA, F. D. P. M. O Aproveitamento da Energia Solar - Situação e Perspectivas. Brasília. Pág. 15. 2012
- Berlato. M. Radiação Global no Estado do Rio Grande do Sul. Agronomia Sul rio grande. Pág. 115-131. 1971.
- Bicalho, M. S.; Araújo, T. P.; Cardoso, R. B.; Análise de Desempenho do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede da Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.7, p. 95-105, 2018.
- Borges, T. H. Panorama da geração distribuída de energia eléctrica no brasil: avanços e desafios. revista especialize on-line, n.13, v.1, 2017.
- Braga Rüter. edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica. labsolar, Florianópolis, 2004.
- Braga, R. P. Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações. Universidade federal do rio de janeiro, 2008.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Boletim mensal de monitoramento do sector eléctrico - Dezembro de 2016. Brasília: MME, 2017.
- Camioto, F. C. Gomes, V. P. R. G. análise de viabilidade económica da implantação de um sistema de energia fotovoltaico nas residências uberabenses. Revista Produção Online, v. 18, n. 4, p. 1159-1180, 2018.
- CEPEL - CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, p. 17, 31, 43, 26/ Rio de Janeiro, Edição Especial, PRC-PRODEEM. Rio 2004.
- DE SEIXAS, F. Impacto da Utilização de Inversores em Sistemas de Geração Distribuída sobre Equipamentos Rurais. Energias Solar e Eólica vol. 2. Rio de Janeiro, 2005 p. 165-179
- EICK, G. Viabilidade Econômica e Financeira de Uma Pequena Central Hidrelétrica no Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2010.
- Foster. M. P. Manual de Engenharia Eléctrica para sistemas fotovoltaicos off-grid. Rio de Janeiro. 6ª Ed. 2009.
- Kalogirou, Soteris. Engenharia de energia solar: processos e sistemas. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

Kasten. D. P. M. Energia Solar – Situação e Perspectivas (Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados). Brasília. Pág 15. 1989

Macagnan. F. O. Saraiva. Aproveitamento da Energia Solar (Sistemas Híbridos). São Paulo. 4ª Ed. 2010

MARCONI, Marina; LAKATOS, M. Eva; Fundamentos de Metodologia Científica; 5ª Edição; Editora Atlas S.A; São Paulo; 2003.

MATTEDE, Henrique; Mundo da Elétrica “Funcionamento e aplicação Painéis solares”. Brasil. 2021.

Miranda. J. A. Manual de Sistemas Fotovoltaicos On-Grid e Off-Grid (Benefícios do Sistema Fotovoltaico). Ministério de Minas. 2014.

Oliveira. K. S. Manual de Sistema Fotovoltaicos Off-Grid. Universidade de Mato Grosso Sul. Brasil. Editora livraria de física, São Paulo. 2004.

PINHO, J. T. GALDINO, M. A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro, v. 1, p. 530 – 532, 2014.

PIRES, Eliane Dalongaro 23/4/2016 Comunicado do Ministério da Saúde e Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano.

Ruther. M. K. Sistemas fotovoltaicos off-grid (geração de energia eléctrica). Amazónia. 2004.

Tamele. Z. Basílio. Determinação da Radiação Solar. Maputo – Moçambique. 2007

Viera. P. J. Sistemas Independentes (Astronomia e Astrofísica). Estado do Rio Grande do Sul. 1ª Ed. Brasília. 2011.

VILLALVA, M. G. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações Editora Érica, 2015.

Apêndices

Apêndice A



Lado de frente no período diurno da Escola Secundária Geral de Mocuba

Apêndice B



Lado de trás no período diurno da Escola Secundária Geral de Mocuba

Apêndice C



Lado de frente no período noturno da Escola Secundária Geral de Mocuba

Apêndice D



Lado de trás no período noturno da Escola Secundária Geral de Mocuba

Anexos