



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEEL

ENGENHARIA ELÉCTRICA

**Estudo comparativo da viabilidade económica
entre os consumos na rede da EDM, No sistema
fotovoltaico isolado e consumo híbrido (EDM e
SFV). Para uso residencial**

Autor

MATSINHE, Titos

Supervisores

Eng.º Manuel Chissico

Maputo, Maio de 2021



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

ENGENHARIA ELECTRICA

**Estudo comparativo da viabilidade económica
entre os consumos na rede da EDM, No sistema
fotovoltaico isolado e consumo híbrido (EDM e
SFV). Para uso residencial**

Autor

MATSINHE, Titos

Supervisores

Eng.º Manuel Chissico

Trabalho de Licenciatura
apresentado ao Departamento de
Engenharia Electrotécnica,
Faculdade de Engenharia da
Universidade Eduardo Mondlane,
como parte dos requisitos para
conclusão do curso de Licenciatura
em Engenharia Eléctrica

Maputo, Maio de 2021

Declaração de compromisso de honra

Declaro que, este trabalho é de minha autoria e resulta da minha investigação. Esta é a primeira vez que o submeto par obter um grau académico na Universidade Eduardo Mondlane (UEM).

Maputo, Agosto de 2022

.....
(Titos Matsinhe)

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a minha mãe **Patrícia Manuel Chinolane**. As minhas irmãs **Wilma e Amasia** e meus primos **Manuel, Delton e Danubio**.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus o altíssimo que incansavelmente zelou por mim nesta caminhada dando-me forças de nunca desistir.

Agradeço imensamente ao meu Supervisor, Eng. Manuel Chissico pela paciência, dedicação e compreensão.

Agradeço ao corpo docente (docentes, técnicos, assistentes e outros) que acompanharam nesta caminhada de formação que com o rigor, paciência transmitiram o conhecimento.

Aos meus colegas do curso, em particular ao Eleutério Mavie, Manuel Zumba e Francisco Ndimande, Mazembe, Bertil Tito e Mangachaia pela contribuição directa em todo o processo de formação universitária.

Agradeço imensamente a minha querida mãe, pela educação, incentivo, financiamento e acompanhamento nos meus estudos, desde ao ingresso na creche até ao ensino superior.

Ao meu primo Manuel Casimiro Bimbe que abriu-me a visão neste ramo de ciências.

Resumo

DO presente trabalho tenciona-se identificar dentre as três alternativas de consumo (consumo na rede eléctrica EDM, consumo no sistema fotovoltaico autónomo e consumo no sistema fotovoltaico híbrido) qual comporta-se como economicamente viável para o consumo doméstico, como resposta a esta inquietação houve necessidade de ter-se como objecto de estudo duas residências uma de baixo consumo sita no bairro de Ndlavela e de alto consumo do bairro zona verde ambas residências da província de Maputo. Fez-se também o levantamento das cargas em cada residência e procurou-se saber qual a potencia de cada consumidor de energia e quanto tempo cada carga consome em media por dia. Com o auxílio das facturas que mostram o histórico de consumo de cada residência dimensionou-se um sistema fotovoltaico híbrido e autónomo para cada residência capaz de responder a demanda energética e de seguida Fez-se a simulação dos custos das três opções de consumo em um intervalo de 25 anos recorrendo o estudo da viabilidade económica de projectos.

Com esses aspectos pode-se concluir que o consumo na EDM é o economicamente viável ate então em relação ao consumo nos diferentes sistemas fotovoltaicos seja ele autónomo ou híbrido Bimodal, isto devido ao custo elevado dos equipamentos que compõem o sistema e esse custo faz se sentir mais nas baterias pois elas devem ser dimensionadas tendo em conta os dias de autonomia.

Palavras-chave: Electricidade de Moçambique, sistema fotovoltaico híbrido, energia solar, dimensionamento SFV.

INDICE

Agradecimentos	iii
1.1.1. Índice de tabelas	xii
1.1.2. Índice de figuras	xiii
CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
1.2. Introdução.....	1
1.3. Formulação do problema	2
1.4. Justificativa do trabalho.....	2
1.5. Objectivos.....	3
1.5.1. Objectivo geral	3
1.5.2. Objectivos específicos.....	3
1.6. Metodologia.....	4
2. CAPITULO II – RESUMO TEORICO	5
2.1. Energia Solar fotovoltaica	5
2.2. Radiação Solar e Efeito Fotovoltaico	6
2.2.1. O Sol como fonte de energia.....	6
2.2.2. Radiação solar sobre a terra	7
2.2.3. Geometria Solar	7
2.2.4. Efeito fotovoltaico.....	8
2.2.5. Princípios de funcionamento do efeito fotovoltaico	9
2.2.6. Balançoenergético de uma célula fotovoltaica de silício cristalino	11
2.3. Células Fotovoltaicas.....	12
2.3.1. Tipos de células fotovoltaicas	12
2.4. Módulos Fotovoltaicos.....	14
2.4.1. Características Eléctricas.....	14

2.4.2.	Associação de Módulos Fotovoltaicos	17
2.4.3.	Diodos de desvio e diodos de fileira	19
2.4.4.	Efeitos de sombreamento nos módulos FV	20
2.5.	Sistemas fotovoltaicos	22
2.5.1.	Tipos de sistemas fotovoltaicos	22
2.5.2.	Componentes de um sistema fotovoltaico	25
3.	CAPITULO III – METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS	27
3.1.	Localização e característica da área em estudo	27
3.2.	Dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos	28
3.2.1.	Determinação da energia diária a fornecer aos consumos (Wh)	28
3.2.2.	Determinação da potência do gerador FV	29
3.2.3.	Número de Módulos por Fileira	29
3.2.4.	Número de Fileiras em Paralelo	30
3.2.5.	Dimensionamento de baterias	30
3.2.6.	Dimensionamento do controlador de carga	31
3.2.7.	Dimensionamento do inversor	31
3.3.	Método para avaliação económica dos sistemas	32
3.3.1.	Técnicas para tratamentos dos dados	33
4.	CAPITULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1.	Energia consumida na residência d baixo consumo	34
4.2.	Dimensionamento do sistema fotovoltaico <i>Off-Grid</i> na residência de baixo consumo	34
4.2.1.	Quantidade de Painéis solares	34
4.2.2.	Dimensionamento das baterias	35

4.2.3.	Dimensionamento do Regulador de carga.....	35
4.2.4.	Dimensionamento do inversor	36
4.3.	Dimensionamento do sistema Fotovoltaico híbrido na residência de baixo consumo	36
4.3.1.	4.3.1. Dimensionamento do sistema para energia consumida no banco de baterias	36
4.3.2.	Energia consumida na rede eléctrica	39
4.4.	Análise da viabilidade económica das três alternativas de consumo	39
4.4.1.	Investimento consumindo na rede EDM ou ganhos para o sistema autónomo	39
4.4.2.	Cálculo do investimento no sistema autónomo	40
4.4.3.	Dimensionamento no sistema Híbrido	40
4.4.4.	Comparação gráfica das alternativas de consumo	42
4.5.	Energia consumida na residência de alto consumo	44
4.6.	Dimensionamento do sistema fotovoltaico Offgrid na residência de alto consumo	45
4.6.1.	4.6.1. Dimensionamento dos painéis solares	46
4.6.2.	Dimensionamento das baterias	46
4.6.3.	Dimensionamento do Regulador de carga.....	46
4.6.4.	Dimensionamento do inversor	47
4.7.	Dimensionamento do sistema Fotovoltaico Híbrido na residência de Alto consumo	47
4.7.1.	Energia consumida no banco de bateria.....	47
4.7.2.	Dimensionamento do sistema para energia consumida no banco de baterias.....	48
4.7.3.	Energia consumida na rede eléctrica	49
4.8.	Análise da viabilidade económica das três alternativas de consumo na residência de alto consumo	50

4.8.1.	Investimento consumindo na rede EDM ou ganhos para o sistema autónomo	50
4.8.2.	Cálculo do investimento no sistema autónomo	50
4.8.3.	Cálculo do investimento e ganhos no sistema híbrido	51
4.8.4.	Comparação gráfica das alternativas de consumo	53
5.	CAPITULO V- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	54
5.1.	Conclusões	54
5.2.	Recomendações.....	55
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
7.	ANEXOS	1
	ANEXO 1	1
	Off-grid Inversor de Energia 2500W 48V 230V	1
	Descrição de Produto	1
	Principais Recursos	1

Lista de abreviaturas símbolos e unidades

EDM- electricidade de Moçambique
SFV- sistema fotovoltaico
CC- Corrente Continua
CA- Corrente Alternada
SFV- sistema fotovoltaico
Cn- Capacidade nominal da bateria (Ah)
Nb- Número das baterias
Nd- Autonomia das baterias
Cb- Capacidade da bateria (Ah)
Ta-Temperatura de ar
TV-televisão
Loch-lacuna
Elektron-electrão
Halbleiter– semicondutor
Phosphor- fósforo
Atorn- átomo
Bor-Bromo
Silizium - silício

Diffusion- difusão

Gebiet- gabieta

Freie locher–buracos livres

Freie elektronen–electrões livres

Negative eletrode–eléctrodo negativo

Doped silicon- silício dopado

Positive eletrodeeléctrodopositivo

Boundary layer–camada limite

NBR- Norma brasileira

V_{OC} - Tensão de curto-circuito

V_{max} ou V_{MPP} -Tensão de Máxima Potência

I_{max} ou I_{MP} - Corrente em Máxima Potência

P_{mp} ou P_{max} - potênciamáxima

NOTC- Temperatura nominal de operação

G-intensidade da radiação incidente (W/m^2)

Isc-corrente do módulo fotovoltaico

By-pass- doidos de desvio

FV- fotovoltaico

On-Grid –contactados a rede

Off-Grid- desconectados a rede

AC- corrente alternada

CC ou DC - corrente continua

H_s -Número de horas de sol (h/dia)

W_D - Energia diária de consumo (Wh)

$K_{reg+inv}$ - Rendimento (regulador+inversor)

N_s - Número de módulos em serie

V_B - Tensão da bateria (V)

V_{max} - tensãomáxima do módulo (V)

N_f - numero de módulos em paralelo

P_{fv} - potência fotovoltaica (W)

C-capacidade da bateria (Ah)

E-Energia (Kwh)

η_{inv} - Rendimento do inversor

η_{cabo} -rendimento do cabo

MPPT- Controlador de carga

I_{maxDC} - Corrente continua máxima

$P_{max,inv}$ -potênciamáxima do inversor

$P_{max,sys FV}$ - Potencia máxima do sistema fotovoltaico

VPL- Valor presente líquido

FCO-Investimento inicial do projecto

- i- Taxa mínima
- ii- de atractividade

LS - Luminária Solar

PH - Sistema Fotovoltaico

SFI- Sistema Fotovoltaico Isolado

1.1.1. Índice de tabelas

Tabela 3.3.1 Equipamentos utilizados e necessidades de consumo(Carneiro, 2009	29
Tabela 4.1 Consumo diário da energia na residência de baixo consumo	34
Tabela 4.2 Energia prevista consumida no banco de bateria.....	37
Tabela 4.3 Previsão da energia consumida na rede eléctrica.....	39
Tabela 4.4 custos dos materiais do sistema fotovoltaico autónomo	40
Tabela 4.5 Investimentos futuros baseando se na vida útil do material	40
Tabela 4.6 Custos das matérias para o sistema híbrido	41
Tabela 4.7 Futuros investimentos com a alteração dos equipamentos.....	41
Tabela 4.8 Energia consumida no bloco A.....	45
Tabela 4.9 Energia consumida no bloco B.....	45
Tabela 4.10 Dimensionamento dos painéis solar para os blocos A e B	46
Tabela 4.11 Dimensionamento das baterias para os blocos A e B	46
Tabela 4.12 Carga alimentada pela rede EDM no sistema híbrido	49
Tabela 4.13 Investimento na aquisição das matérias para o sistema autónomo da residência de alto consumo.....	51
Tabela 4.14 Futuros investimentos previstos com a alteração dos equipamentos do sistema autónomo.....	51

Tabela 4.15 investimento de aquisição dos equipamentos fotovoltaicos para o sistema híbrido	52
Tabela 4.16 Futuros investimentos previstos com a alteração dos equipamentos do sistema híbrido	52

1.1.2. Índice de figuras

Figura 2.1 Luz solar no seu percurso através da atmosfera. Fonte : (GREENPRO2004)	7
Figura 2.2 :Órbita da terra em torno do sol, com seu eixo N-S inclinado de um ângulo de 23,45°. Fonte: (Grupo de Trabalho de Energia Solar, 2004).....	8
Figura 2.3 Estrutura cristalina do silício e processo de auto-condução. Fonte : (GREENPRO2004).	9
Figura 2.4 Condução extrínseca com silício dopado com impurezas do tipo n e p. fonte: (GREENPRO2004)	10
Figura 2.5 Difusão de elétrons na junção P-N. fonte: (GREENPRO2004).....	11
Figura 2.6 célula fotovoltaica de silício cristalizado	12
Figura 2.7 símbolo de modulo fotovoltaico. Fonte: GREENPRO 2004	14
Figura 2.8 Curva I V de um módulo fotovoltaico FONTE:(PINHO E GALDINHO 2014)	15
Figura 2.9 Fator de forma de um módulo comercial. FONTE: (Sousa 2014)	16
Figura 2.10 Comportamento de uma associação em série de módulos fotovoltaicos FONTE Sousa 2014	17
Figura 2.11- Comportamento de uma associação de módulos em paralelo FONTE:(Sousa 2014).....	18
Figura 2.12 Associação mista de módulos fotovoltaicos FONTE: (Sousa 2014)	19

Figura 2.13 Representação esquemática referente a uma associação mista de módulos fotovoltaicos com diodos de by-pass e de fileira. Fonte : (carneiro 2010).....	20
Figura 2.14. (a) Representação esquemática do módulo fotovoltaico sombreado; (b) Representação esquemática do módulo fotovoltaico sombreado com diodos de by-pass	21
Figura 2.15 Símbolos utilizados para representar um inversor DC/AC. Fonte : carneiro 2009	25
Figura 4.1 Comparação gráfica dos custos acumulados das 3 alternativas de consumo para a residência de baixo consumo.....	42
Figura 4.2 comparação gráfica dos custos acumulados das 3 alternativas de consumo	53

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1.2. Introdução

Um sistema de energia solar fotovoltaico (também chamado de “sistema de energia solar” ou ainda “sistema fotovoltaico”) baseia-se na utilização de painéis fotossensíveis que são capazes de transformar a energia de raios do sol em corrente eléctrica (corrente continua). Potência gerada é enviada para o inversor que é equipamento responsável pela conversão da energia para os padrões da rede da concessionária (corrente alternada).

O aumento do custo de energia eléctrica nos últimos anos é visto como um problema pelo consumidor doméstico pois este tem aumentado o custo de vida dos mesmos. Com este projecto pretende-se ilustrar ao potencial consumidor doméstico algumas possíveis opções de consumo e os respectivos custos em comparação com o consumo da concessionária EDM.

Nesta análise da viabilidade económica teremos as seguintes três alternativas de consumo a comparar: consumo da rede da Electricidade de Moçambique, sistema fotovoltaico isolado e Sistema híbrido (fotovoltaico e EDM). Para esse estudo tem-se duas residências em estudo uma de baixo consumo localizada no bairro Ndlavela caracterizada de possuir cargas tais como: lâmpadas, tomadas, TV, Rádio que são cargas típicas em zonas rurais e uma residência de alto consumo situada no bairro zona verde representando residências cujas suas cargas são de alto consumo como: AC, fogão eléctrico, congelador, maquina de lavar. Cargas típicas em zonas urbanas. No entanto, com o presente projecto pretende-se ilustrar ao consumidor doméstico de energia que existem outras alternativas de fornecimento

1.3. Formulação do problema

O aumento do custo da energia eléctrica fornecida pela EDM tem prejudicado muito aos consumidores, assim aumentando as suas despesas, e isto remete-nos ao seguinte problema: qual dos métodos alternativos de consumo de energia eléctrica recorrendo ao sistema fotovoltaico é economicamente viável em relação ao consumo na rede da EDM?

1.4. Justificativa do trabalho

O custo de energia fornecida pela EDM tem registado aumentos com o decorrer do tempo, e este aumento vem de alguma forma aumentar o custo de vida para o consumidor da mesma. Assim, o presente estudo surge como resposta a necessidade de avaliar a viabilidade económica das possíveis alternativas de consumo associados ao sistema fotovoltaico, para suprir a demanda energética dos consumidores residenciais.

1.5. Objectivos

1.5.1. Objectivo geral

- Compreender qual dos métodos de consumo é economicamente viável entre: energia da rede pública EDM, sistema Fotovoltaico isolado e sistema híbrido para alimentar residências de baixo e alto consumo.

1.5.2. Objectivos específicos

- Dimensionar sistemas fotovoltaicos para as residências de baixo e alto consumo.
- Prever custos de consumo para o sistema fotovoltaico isolado, sistema fotovoltaico híbrido e consumo na rede pública EDM nas residências de alto e baixo consumo.
- Fazer análise comparativa dos custos das 3 opções de consumo recorrendo a análise da viabilidade económica.

1.6. Metodologia

Para o desenvolvimento do mesmo recorrer-se-ia a pesquisa bibliográfica com vista a fazer um estudo aprofundado do sistema fotovoltaico e estudo da energia fornecida pela EDM, de seguida o levantamento da carga das residências que serão usadas para o estudo depois faremos o dimensionamento do sistema fotovoltaico correspondente a carga e por fim faremos a análise comparativa das três opções de consumo recorrendo a análise da viabilidade económica, métodos quantitativos e qualitativos esses passos levarão nos a tirar conclusões e dar recomendações ao consumidor.

CAPITULO II – RESUMO TEORICO

2.1. Energia Solar fotovoltaica

A Energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão directa da luz em electricidade (efeito fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão (Pinho e Galdinho 2014).

De acordo com Twidell & Weir (2015) o efeito fotovoltaico foi descoberto por Edmond Becquerel em 1839 mas foi desenvolvido como uma fonte de energia até 1954 por Chapin, Fuller e Pearson usando silício semicondutor dopado.

Fotovoltaico significa a transformação directa da luz em energia eléctrica, recorrendo-se a células solares. Neste processo, são utilizados materiais semicondutores como o silício, o arseniato de gálio, telurieto de cádmio ou disselenieto de cobre e índio. Esses materiais possuem uma banda de valência totalmente preenchida por electrões e uma banda de condução “vazia” (sem electrões) na temperatura do zero absoluto, assim sendo, um semicondutor comporta-se como um isolante. (Hewitt, 2015).

A utilização da fonte solar para gerar energia eléctrica proporciona diversos benefícios, tanto do ponto de vista eléctrico como ambiental e socioeconómico.

Do ponto de vista eléctrico, contribui para a diversificação da matriz, aumento da segurança no fornecimento, redução de perdas e alívio de transformadores e alimentadores. Sob o aspecto ambiental, há a redução da emissão de gases do efeito estufa, da emissão de materiais particulados e do uso de água para geração de energia eléctrica. Com relação a benefícios socioeconómicos, a geração de energia solar fotovoltaica contribui com a geração de empregos locais, o aumento da arrecadação e o aumento de investimentos. (ABSOLAR 2016).

2.2. Radiação Solar e Efeito Fotovoltaico

2.2.1. O Sol como fonte de energia

O Sol fornece energia na forma de radiação, que é a base de toda a vida na Terra. No centro do Sol, a fusão transforma núcleos de hidrogénio em núcleos de hélio. Durante este processo, parte da massa é transformada em energia. O Sol é assim um enorme reator de fusão.

A Energia irradiada pelo sol em um segundo é muito maior que a energia consumida pela humanidade desde o seu aparecimento na face da Terra, até os dias de hoje. Toda essa energia, claro, não chega até a Terra. A energia solar é produzida pelas reacções nucleares que acontecem no interior do sol a grandes profundidades. Em uma dessas reacções os átomos de hidrogénio se combinam formando átomos de hélio, e liberam energia. Esta energia viaja do interior do sol até a sua superfície (chamada de fotosfera), e daí se irradia em todas as direcções.

Essa energia irradiada chega à Terra vinda do espaço através das partículas de energia chamadas de *fótons*. Os *fótons* se deslocam a uma velocidade de 300.000 km/s, por isso demoram cerca de 8 minutos para chegar à Terra, que está a aproximadamente 150 milhões de quilómetros do sol.

Devido à grande distância existente entre o Sol e a Terra, apenas uma mínima parte (aproximadamente duas partes por milhão) da radiação solar emitida atinge a superfície da Terra. Esta radiação corresponde a uma quantidade de energia de 1×10^{18} KWh/ano.

A quantidade de energia solar que atinge a superfície da Terra corresponde, aproximadamente, a dez mil vezes à procura global de energia. Assim, teríamos de utilizar apenas 0,01 % desta energia para satisfazer a procura energética total da humanidade. (GREENPRO2004).

2.2.2. Radiação solar sobre a terra

A intensidade da radiação solar fora da atmosfera, depende da distância entre o Sol e a Terra.

No entanto, apenas uma parte da quantidade total da radiação solar atinge a superfície terrestre. A atmosfera reduz a radiação solar através da reflexão, absorção (ozono, vapor de água, oxigénio, dióxido de carbono) e dispersão (partículas de pó, poluição). O nível de irradiância na Terra atinge um total aproximado de 1.000 W/m² ao meio-dia, em boas condições climatéricas, independentemente da localização. Ao adicionar a quantidade total da radiação solar que incide na superfície terrestre durante o período de um ano, obtém-se a irradiação global anual, medida em kWh/m.

A luz solar que atinge a superfície terrestre, é composta por uma fracção directa e por uma fracção difusa. A radiação directa vem segundo a direcção do Sol, produzindo sombras bem definidas em qualquer objecto. Por outro lado, a radiação difusa carece de direcção específica. (GREENPRO2004).

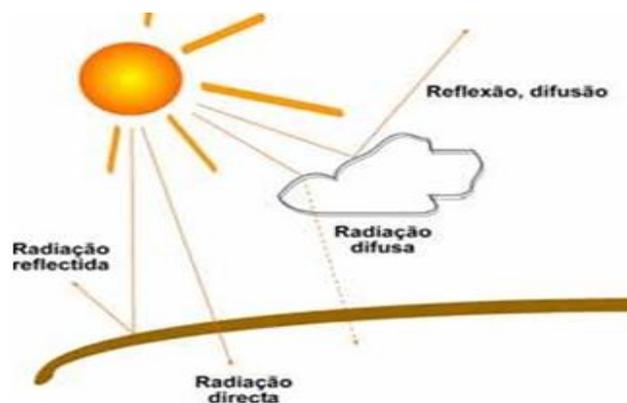


Figura2.1 Luz solar no seu percurso através da atmosfera.
Fonte : (GREENPRO2004)

2.2.3. Geometria Solar

Sabemos que o sol nasce no leste e se põe no oeste, elevando no céu. Essa elevação é maior ou menor de acordo à época do ano. A terra se move em uma órbita elíptica

em torno do sol e o eixo de rotação da Terra forma um ângulo de $23,5^\circ$ com a normal ao plano da elipse da órbita da Terra. Esse ângulo é o responsável pela duração do dia e da noite nas distintas estações do ano, e também é o responsável pela variação da elevação do sol no horizonte à mesma hora, ao longo do ano.

A posição angular do sol ao meio dia solar, em relação ao equador é chamada de Declinação Solar (δ). A declinação varia de acordo com o dia do ano, com valores entre: $-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$, sendo positivo ao Norte e negativo ao Sul:

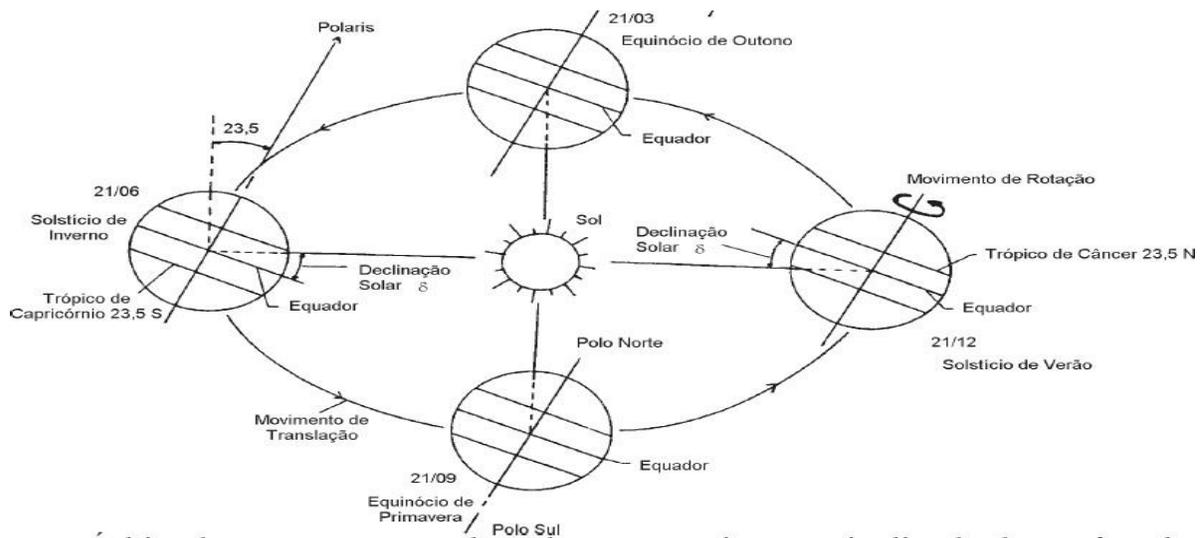


Figura 2.2 : Órbita da terra em torno do sol, com seu eixo N-S inclinado de um ângulo de $23,45^\circ$. Fonte: (Grupo de Trabalho de Energia Solar, 2004).

2.2.4. Efeito fotovoltaico

O termo fotovoltaico significa a transformação da radiação solar directamente em corrente eléctrica, utilizando as células fotovoltaicas, também chamadas de células solares.

As células fotovoltaicas são constituídas de materiais semicondutores como: silício, arseneto de gálio, telureto de cádmio ou disseleneto de cobre e índio (gálio). O silício cristalino é o mais utilizado, mas as tecnologias de película ganharam mercado com a produção em larga escala.

Actualmente, cerca de 95 % de todas as células solares do mundo são de silício. Numa posição próxima do oxigénio, é o segundo elemento químico mais frequentemente

utilizado na Terra. O silício apresenta uma disponibilidade quase ilimitada. O silício não existe como um elemento químico. Existe apenas associado à areia de sílica.

2.2.5. Princípios de funcionamento do efeito fotovoltaico

Os átomos de silício formam um retículo cristalino estável. Cada átomo de silício detém quatro electrões de coesão (electrões de valência) na sua camada periférica. Para atingir uma configuração estável de electrões, dois electrões de átomos vizinhos formam um par de ligações de electrões. Através do estabelecimento desta ligação com quatro átomos de silício vizinhos, obtém-se a configuração do gás inerte estável de seis electrões. Com a influência da luz ou do calor, a coesão dos electrões pode ser quebrada. O electrão pode então mover-se livremente, deixando uma lacuna atrás de si, no retículo cristalino. Este processo é designado por auto-condução. (GREENPRO2004).

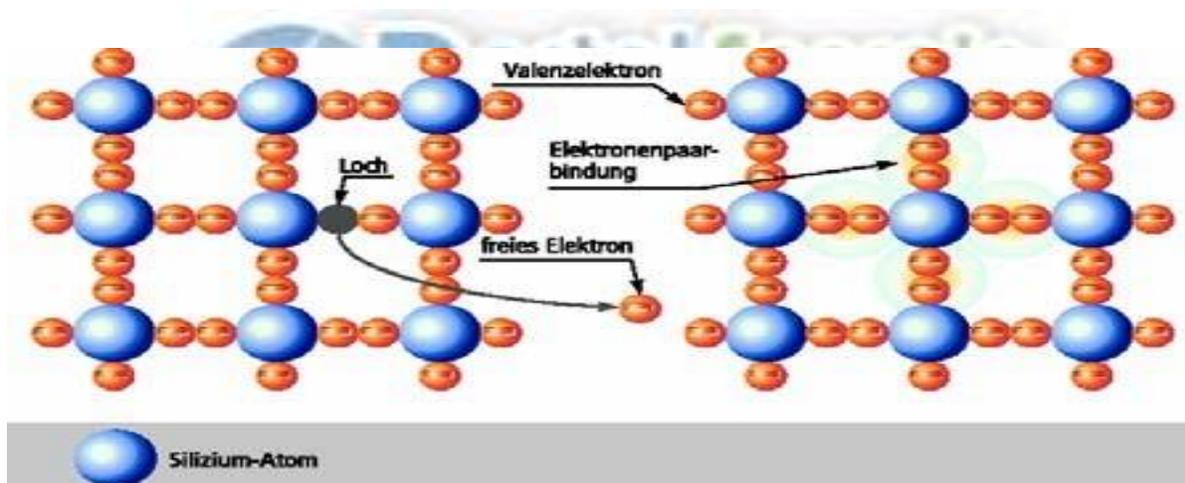


Figura 2.3 Estrutura cristalina do silício e processo de auto-condução. Fonte : (GREENPRO2004).

O auto condução não pode ser utilizado para gerar energia. Para que o material de silício funcione como um gerador de energia, o retículo cristalino é propositadamente contaminado com os chamados átomos impuros Estes átomos possuem um electrão a

mais (fósforo), ou um electrão a menos (boro), do que o silício na camada externa de valência. Por este motivo, os átomos impuros causam defeitos no interior do retículo cristalino. Se ao retículo for adicionado fósforo (impureza n), fica um electrão supérfluo por cada átomo de fósforo introduzido. Este electrão pode mover-se livremente dentro do cristal e por isso transportar carga eléctrica. Com o boro (impureza p), fica disponível uma lacuna (electrão de coesão perdido) por cada átomo de boro introduzido. Os electrões dos átomos vizinhos de silício podem preencher este orifício, resultando na produção de uma nova lacuna noutro lugar. O mecanismo condutor que resulta da presença dos átomos impuros, é chamado de condução extrínseca. Contudo, se virmos individualmente o material de impureza p ou n, as cargas livres não têm uma direcção definida durante o seu movimento. (GREENPRO2004).

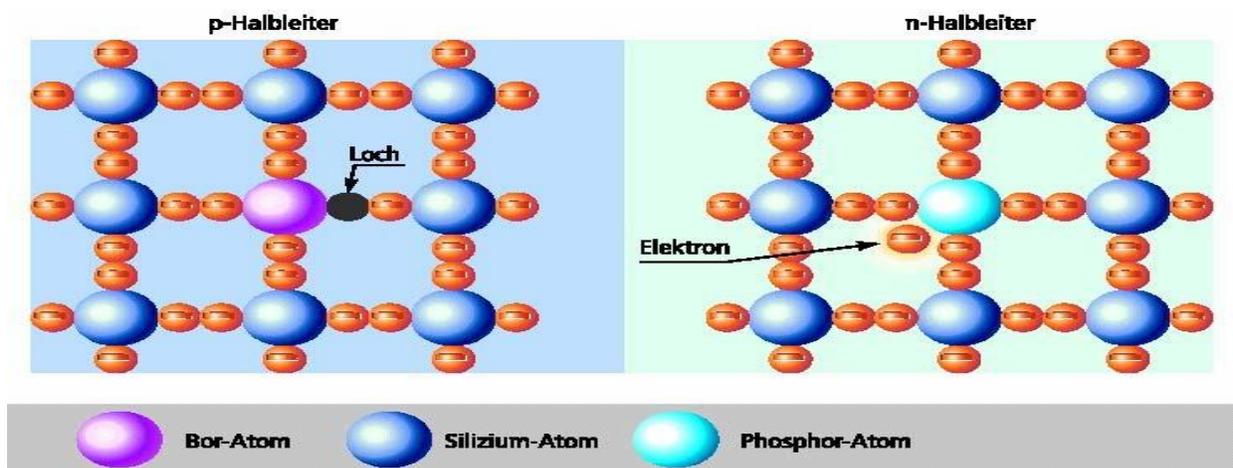


Figura2.4 Condução extrínseca com silício dopado com impurezas do tipo n e p. fonte: (GREENPRO2004)

Se juntarmos as camadas dos semicondutores n e p impuros, produziremos uma região de transição PN. Isto leva à difusão dos electrões supérfluos do semicondutor n para o semicondutor p na junção. Cria-se assim uma nova área com poucos portadores de carga (ver figura 8), designada por barreira de potencial. Na área n da região de transição, os átomos dopantes positivos são remetidos para trás, acontecendo de modo semelhante com os negativos na área p. É criado um campo eléctrico que se mantém contrário ao movimento dos portadores de carga. Por esta razão a difusão não

se mantém infinitamente. Se a Junção P-N for exposta à radiação solar, os fótons com energia superior ao *gap* liberam mais buracos-elétrons livres que criam uma corrente eléctrica na área da junção. Alguns dos electrões liberados são recombinados, se não forem capturados. Além disso, nem todo o espectro da radiação é aproveitado.

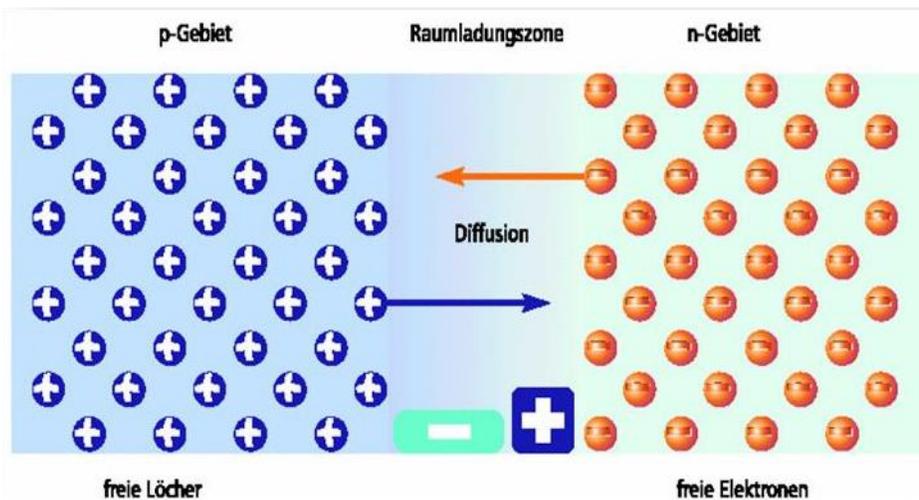


Figura 2.5 Difusão de elétrons na junção P-N. fonte: (GREENPRO2004)

2.2.6. Balanço energético de uma célula fotovoltaica de silício cristalino

Tabela 2.1 Aproveitamento da radiação solar pelas células de silício cristalino. Fonte : Sousa 2015.

100%	Irradiação Solar Total
-3,0%	Reflexão e sombreamento dos contactos frontais
-23,0%	Fótons com energia insuficiente na Irradiância de ondas compridas
-32,0%	Fótons com energia excedente na Irradiância de ondas curtas
-8,5%	Recombinação de electrões
-20,0%	Gradiente eléctrica, especialmente na região do campo eléctrico
-0,5%	Resistência em série (perdas térmicas na condução eléctrica)
=13,0%	Energia eléctrica utilizável.

2.3. Células Fotovoltaicas

Uma célula fotovoltaica é a unidade básica de um sistema fotovoltaico. É a responsável pela conversão da radiação solar em electricidade. Como uma única célula não é suficiente para gerar potências eléctricas elevadas, os fabricantes associam várias células, e as encapsulam para protecção, formando assim um módulo fotovoltaico.

Os módulos comerciais diferem entre si por vários factores, como a capacidade de gerar potencial, chamado de potência-pico, factor de forma, área, etc. E esses valores se alteram de acordo ao tipo de célula fotovoltaica utilizada.

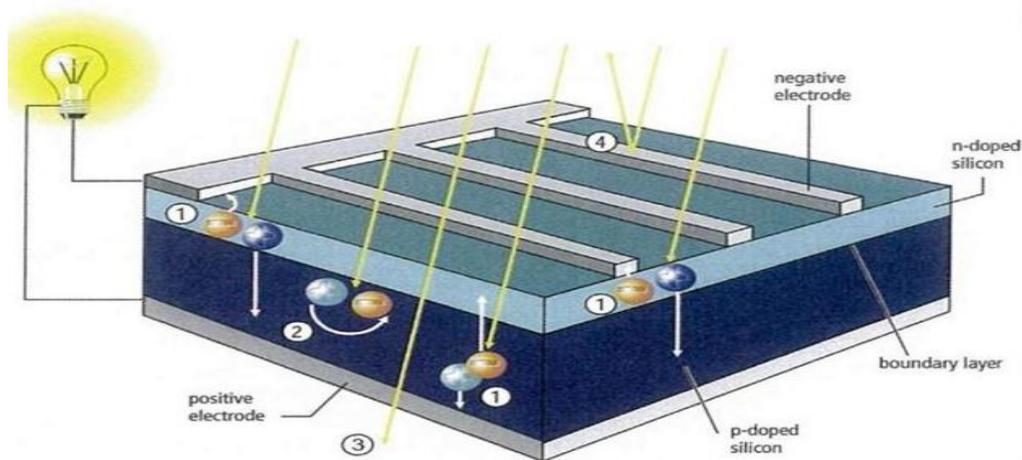


Figura2.6 Célula fotovoltaica de silício cristalizado

2.3.1. Tipos de células fotovoltaicas

As células solares podem ser classificadas como monocristalinas, policristalinas, amorfas e de película fina, cujas suas imagens estão ilustradas na Tabela 2.2.

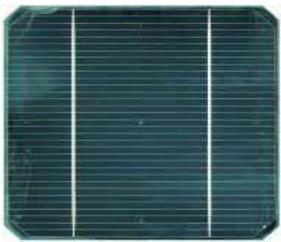
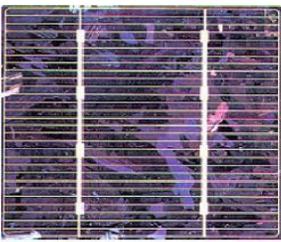
Células Monocristalinas: Estas células são formadas em fatias de um único grande cristal, previamente crescido e enfatizado. A grande experiencia na sua fabricação e pureza do material, garantem alta confiabilidade do produto e altas

eficiências. Enquanto o limite teórico de conversão da luz solar em energia eléctrica, para esta tecnologia é de 27%, valores nas faixas de 12 à 16% são encontrados em produtos comerciais (Grupo de Trabalho de Energia Solar, 2004).

Células policristalinas: estas células são fabricadas a partir do mesmo material (silício monocristalino), ao invés de formar um único grande cristal, é solidificado em forma de um bloco composto de muitos pequenos cristais. A presença de interfaces entre os vários cristais reduz um pouco a eficiência destas células. A sua eficiência na conversão de luz solar em electricidade varia entre 13 – 15% (Grupo de Trabalho de Energia Solar, 2004). **Células amorfas:** Estas células são obtidas por meio da deposição de camadas muito finas de silício ou outros materiais semicondutores sobre superfícies de vidro ou metal (DoNascimento, 2004). A sua eficiência na conversão de luz solar em electricidade varia entre (8 à 10%). (Greenpro, 2004).

Células de película fina: uma característica das células de película fina, que as diferencia das células cristalinas, é o tipo de interligação. Enquanto as células cristalinas estão soldadas de células para célula (interligação externa), as células de película fina estão interligadas monoliticamente (interligação interna). A sua eficiência na conversão de luz solar em electricidade varia entre (5 à 8%). (Greenpro, 2004).

Tabela 2.2 Tipos de células solares. [Fonte: (Greenpro, 2004); (Waite, 2014)].

Tipos de células solares			
Monocristalinas	Policristalins	Amorfas	De Película fina
			

2.4. Módulos Fotovoltaicos

Segundo a norma NBR 10899, O módulo fotovoltaico é uma unidade básica formada por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas electricamente e encapsuladas, com o objectivo de gerar energia eléctrica.

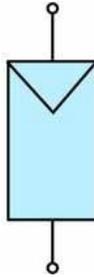


Figura 2.7 Símbolo de módulo fotovoltaico. Fonte: *GREENPRO 2004*

2.4.1. Características Eléctricas

Corrente de Curto-circuito (I_{SC}): corrente máxima que o módulo fotovoltaico fornece, quando seus terminais estão em curto-circuito, sob as condições padrão de teste. Diferente das baterias e outras fontes de energia, podemos medir a corrente em curto-circuito de um módulo fotovoltaico. A corrente em curto-circuito, geralmente é 5% superior à corrente máxima.

Tensão de curto-circuito (V_{OC}) é o valor máximo da tensão nos terminais do modulo fotovoltaico, quando nenhuma carga esta conectado a ele.

Tensão de Máxima Potência (V_{max} ou V_{MPP}): é a tensão máxima que o módulo gerará, em seu ponto de máxima potência, sob as condições padrão de teste (STC).

Corrente em Máxima Potência (I_{max} ou I_{MP}): corrente máxima que um módulo fotovoltaico pode fornecer a uma carga, em condições padrão de teste.

Potência Máxima: a corrente eléctrica gerada por um módulo varia de zero ao I_{sc} , enquanto a tensão entre os terminais varia de zero até o V_{oc} sob diferentes condições de Irradiância e temperatura. Como a potência é o produto da tensão pela corrente, essa só será a máxima para uma única combinação de tensão e corrente. Um módulo fotovoltaico estará fornecendo a máxima potência, quando o circuito externo possuir uma resistência tal, que determine os valores máximos de tensão e corrente e, portanto o seu produto será o máximo.

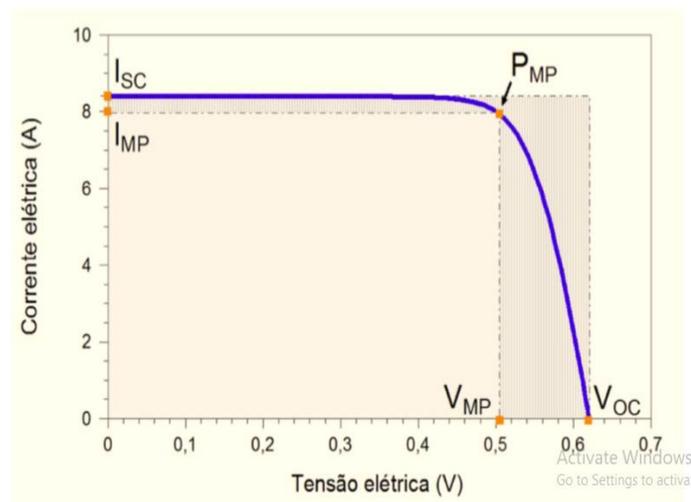


Figura 2.8 Curva I V de um módulo fotovoltaico. FONTE:(PINHO E GALDINHO 2014)

Temperatura nominal de operação (NOCT) do módulo fotovoltaico. A temperatura nominal de funcionamento é definida como sendo a temperatura atingida pelas células de um módulo quando sujeitas às seguintes condições:

- ✓ Intensidade da radiação solar incidente na superfície = 800 W/m²;
- ✓ Temperatura do ar = 20°C;
- ✓ Velocidade do vento = 1 m/s.

$$T = T_A + \frac{(NOCT - 20)}{800} G$$

(Eq: 2.1)

Onde: T (em °C) é a temperatura da célula, TA (em °C) é a temperatura do ar e G (em W/m2) corresponde à intensidade da radiação incidente.

Eficiência: é o quociente entre a potência gerada e a irradiância incidente sobre o módulo.

Factor de Forma (Preenchimento): é um conceito teórico que mede a forma da curva definida pelas variáveis I e V na seguinte equação:

$$FF = \frac{I_{mpp} * V_{mpp}}{I_{sc} * V_{oc}} = \frac{P_{max}}{I_{sc} * V_{oc}}$$

Eq: 2.2

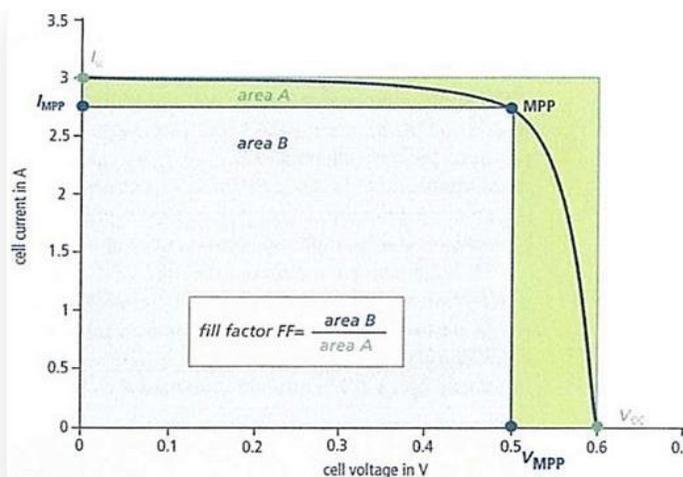


Figura2.9 Fator de forma de um módulo comercial.FONTE:(Sousa 2014)

2.4.2. Associação de Módulos Fotovoltaicos

Difícilmente um único módulo fotovoltaico será suficiente para constituir o painel fotovoltaico de um sistema fotovoltaico. Um painel fotovoltaico é um conjunto de módulos fotovoltaicos electricamente ligados entre si, que fornecem determinado potencial, e geralmente estarão ligados a um dispositivo de condicionamento de potência e/ou controle.

Associação em série dos módulos

Chamada de fileira, os módulos terão suas tensões somadas, e a tensão do painel será.

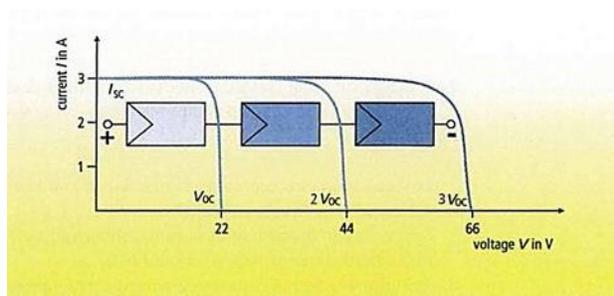


Figura2.10 Comportamento de uma associação em série de módulos fotovoltaicos FONTE: (Sousa 2014)

A soma das tensões individuais de cada módulo. A corrente será a média das correntes de cada módulo, por isso não é aconselhável a associação de módulos de capacidades distintas.

Associação em paralelo dos módulos

Teremos o aumento directo da corrente que será, no painel, a soma das correntes individuais de cada módulo. A tensão será a média das tensões geradas.

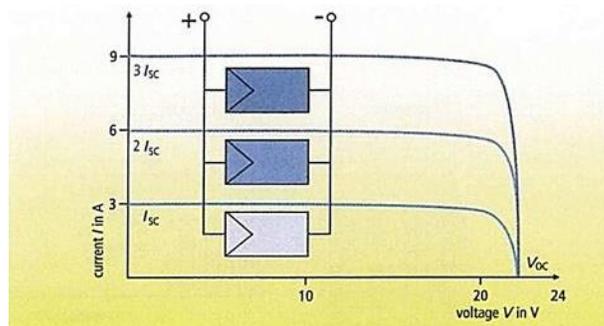


Figura2.11-Comportamento de uma associação de módulos em paralelo
FONTE:(Sousa 2014)

Associação mista dos módulos

Na maioria dos casos, será necessário associar os módulos em série, para alcançar a tensão nominal do sistema, e também em paralelo, para alcançar a potência-pico calculada no projecto. Nesses casos, temos as características das duas associações anteriores, e maiores perdas ao utilizar módulos de características diferentes.

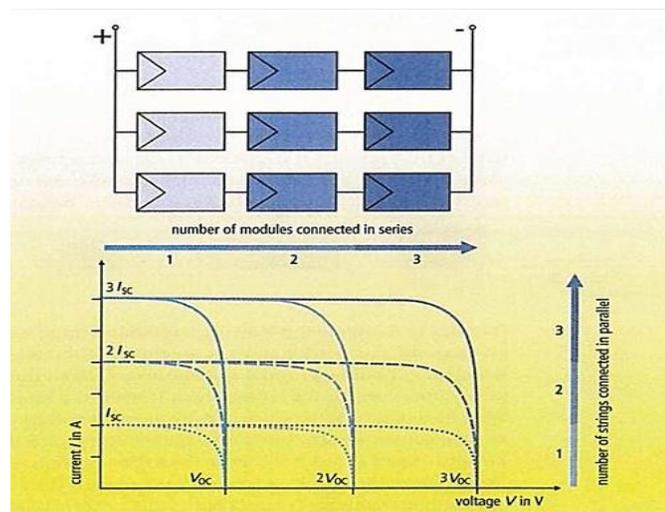


Figura 2.12 Associação mista de módulos fotovoltaicos. FONTE: (Sousa 2014)

2.4.3. Diodos de desvio e diodos de fileira

Os diodos de desvio (*by-pass*) são normalmente utilizados para evitar eventuais avarias que possam ocorrer em módulos fotovoltaicos associados em série. Neste sentido, os diodos de *bypass* são ligados em paralelo (com cada módulo que integra uma determinada fileira) com o intuito de efectuarem o desvio da corrente produzida pelos outros módulos. Neste sentido, apenas o módulo defeituoso é colocado fora de serviço. Por outro lado, nas associações em paralelo, são por vezes utilizados diodos de fileira. Os diodos de fileira, têm a função de evitarem curto-circuitos e correntes inversas entre fileiras, em situações onde possam surgir avarias ou o aparecimento de tensões diferentes nas fileiras.

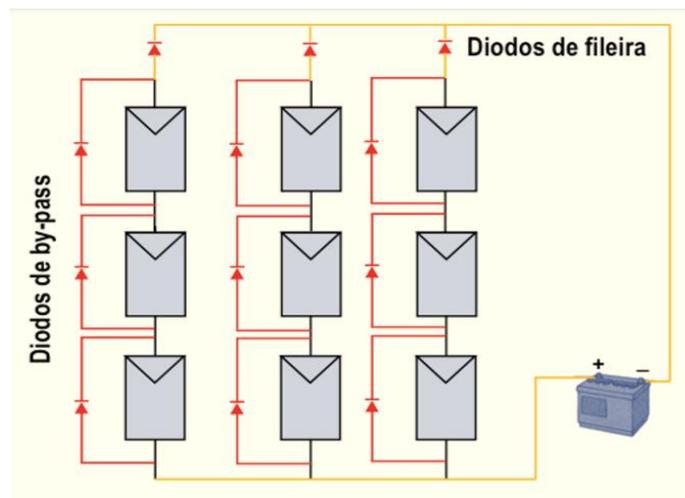


Figura2.13 Representação esquemática referente a uma associação mista de módulos fotovoltaicos com diodos de by-pass e de fileira. Fonte:(carneiro 2010)

2.4.4. Efeitos de sombreamento nos módulos FV

Os fenómenos de sombreamento que ocorram em módulos fotovoltaicos produzem consequências negativas no que concerne à sua eficiência e segurança. Na maioria das situações, as sombras são de natureza temporária, na medida em que resultam de fenómenos naturais que são bastante imprevisíveis. O sombreamento temporário típico, resulta por exemplo da presença de folhas, sujidade de proveniência diversa (os dejectos de pássaros, poeiras de zonas industriais, etc.), nuvens ou mesmo a neve que se possa depositar sobre os módulos fotovoltaicos. Não obstante o facto de todos estes agentes funcionarem como fontes de ocorrência de sombras, o seu impacto, no que diz respeito à eficiência e às operações regulares de manutenção, é diferente. Por exemplo, a ocorrência de nuvens é aquela que assume um carácter verdadeiramente transitório. Por outro lado, o sombreamento causado por depósitos de neve, poeiras ou folhas sobre os módulos fotovoltaicos, é sem dúvida de carácter mais permanente. Contudo, nestes casos, a remoção deste tipo de sujidade efectua-se quase naturalmente desde que os módulos fotovoltaicos sejam posicionados com um ângulo mínimo de inclinação (que é da ordem dos 12°). Na verdade, a existência de um ângulo

mínimo de inclinação funciona como um sistema autolimpante, já que estes depósitos são facilmente removidos através da água da chuva. O outro extremo, com um impacto mais forte e mais duradouro, decorre da ocorrência de sombras que sejam causadas pela presença de depósitos que advenham dos dejectos dos pássaros ou da poluição do ar. Com efeito, estes agentes são responsáveis por perdas entre 2 a 5% na energia que deveria ser produzida. Por esta razão, é necessário que se proceda a operações de limpeza de modo muito mais regular. Para o efeito, os módulos devem ser lavados com grandes quantidades de água (sem detergentes), utilizando-se para o efeito uma mangueira e esponjas muito suaves para evitar riscar a sua superfície.

Na eventualidade de ocorrer sombreamento do módulo (ver figura), por exemplo através da queda de uma folha sobre a célula C36, esta célula passará a estar inversamente polarizada (a tensão inversa pode ter um valor elevado), actuando assim como uma “resistência eléctrica”. Nesta situação, ocorre conversão de energia eléctrica em calor que eleva a temperatura (pontos quentes) para valores que, em alguns casos, conduzem à destruição do módulo.

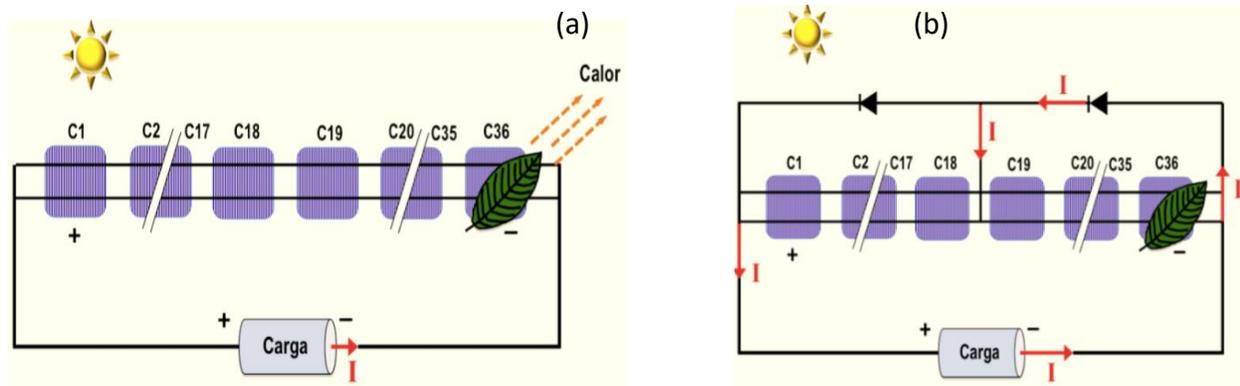


Figura2.14. (a) Representação esquemática do módulo fotovoltaico sombreado; **(b)** Representação esquemática do módulo fotovoltaico sombreado com diodos de *by-pass*

Para prevenir a ocorrência de pontos quentes, a corrente deve ser desviada da célula sombreada através da utilização de diodos de *by-pass*. A inclusão destes diodos impede o aparecimento de tensões inversas elevadas nas células fotovoltaicas

obscurecidas, permitindo assim que a fileira se mantenha em produção, embora diminuída. A figura 1.15 representa esquematicamente o módulo fotovoltaico contendo diodos de *by-pass*.

2.5. Sistemas fotovoltaicos

Um sistema fotovoltaico é uma fonte de potência eléctrica, na qual as células fotovoltaicas transformam a Radiação Solar directamente em energia eléctrica. Os sistemas fotovoltaicos podem ser implantados em qualquer localidade que tenha radiação solar suficiente. Sistemas fotovoltaicos não utilizam combustíveis, não possuem partes móveis, e por serem dispositivos de estado sólido, requerem menor manutenção. Durante o seu funcionamento não produzem ruído acústico ou electromagnético, e tão pouco emitem gases tóxicos ou outro Tipo de poluição ambiental. FONTE :(Souza, 2015).

2.5.1. Tipos de sistemas fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo à forma como é feita a geração ou entrega da energia eléctrica em:

- ✓ Sistemas autónomos
- ✓ Sistemas conectados à rede (*On-Grid*)
- ✓ Sistemas híbridos

2.5.1.1. Sistemas Autónomos

Um sistema fotovoltaico é aquele que não possui outra forma de geração de electricidade. Devido ao fato de o sistema só gerar electricidade nas horas de sol, os

sistemas autónomos são dotados de acumuladores que armazenam a energia para os períodos sem sol, o que acontece todas as noites, e também nos períodos chuvosos ou nublados. Os acumuladores são dimensionados de acordo à autonomia que o sistema deve ter, e essa varia de acordo às condições climatológicas da localidade onde será implantado o sistema fotovoltaico. FONTE : (Souza, 2015).

Componentes de um sistema fotovoltaico autónomo

- ✓ Módulos fotovoltaicos
- ✓ Baterias
- ✓ Controlador de carga:
- ✓ Componentes auxiliares: Cabos e estruturas de fixação.

2.5.1.2. Sistemas Conectados à Rede (On-Grid)

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede fornecem energia para as redes de distribuição. Todo o potencial gerado é rapidamente escoado para a rede, que age como uma carga, absorvendo a energia. Também chamados de *on-grid*, geralmente não utilizam sistemas de armazenamento de energia, e por isso são mais eficientes que os sistemas autónomos, além de, geralmente, serem mais baratos. Os sistemas *On-Grid* dependem de regulamentação e legislação favorável, pois usam a rede de distribuição das concessionárias para o escoamento da energia gerada. (Souza, 2015).

Componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede

- ✓ Painel fotovoltaico;
- ✓ Caixa de Junção do painel fotovoltaico;
- ✓ Cabeamento;
- ✓ Inversor *Grid-Tie*;
- ✓ Medidor (es) de energia;

2.5.1.3. Sistemas Fotovoltaicos Híbridos

Os sistemas solares híbridos possuem características de sistemas *on-grid* e *off-grid* simultaneamente. Estes são capazes de gerar energia eléctrica durante o dia por meio do sol enquanto armazenam o excesso de energia produzida em baterias. Sistema híbrido tem como principal função suprir as falhas da rede eléctrica convencional, eles são a escolha perfeita para os locais que necessitam de uma garantia do fornecimento de energia de forma ininterrupta, tais como, hospitais, *datacenters*, indústrias etc. (Martins 2019).

Tipos de Sistemas Híbridos

Sistema Solar Híbrido *All-in-one*

Esses sistemas contam com um inversor interactivo e um autónomo, além de um banco de baterias. Controladores de carga e rectificadores podem fazer parte do sistema, dependendo da necessidade do consumidor. Esse sistema é o mais indicado para quem necessita de alimentação ininterrupta para alguns equipamentos. Sistemas *All-in-One* possuem arquitectura modular e permitem ampliações para melhor se adaptar às diferentes situações.

Sistema Solar Conectado à Rede Híbrido Bimodal

Funcionam como um sistema autónomo, com o auxílio de um inversor Bimodal. Esse sistema pode fazer o consumo directo pela rede eléctrica da concessionária ou alternar para a energia armazenada no banco de baterias. No momento do dimensionamento da autonomia de um sistema híbrido bimodal, não é necessário contar com o carregamento do banco de baterias, visto que o inversor híbrido é capaz de carregar todo o banco de baterias por meio da energia fornecida pela rede. Esse sistema conta com um valor agregado maior, porém possui confiabilidade maior que um sistema um sistema *On-grid* e uma economia maior que um sistema *Off-Grid*.

2.5.2. Componentes de um sistema fotovoltaico

2.5.2.1. Inversor

O inversor solar estabelece a ligação entre o gerador fotovoltaico e a rede AC ou a carga AC. A sua principal tarefa consiste em converter o sinal eléctrico DC do gerador fotovoltaico num sinal eléctrico AC, e ajustá-lo para a frequência e o nível de tensão da rede a que está ligado. (GREENPRO 2004).

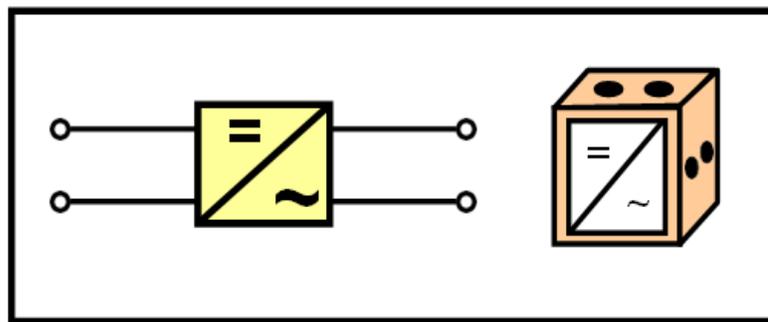


Figura 2.15 Símbolos utilizados para representar um inversor DC/AC. FONTE : carneiro 2009

Dependendo da aplicação, existe uma distinção entre os inversores utilizados nos sistemas com ligação à rede (inversores de rede) e nos sistemas autónomos (inversores autónomos).

2.5.2.2. Baterias

É um conjunto de células ou vasos electroquímicos, conectados em serie ou em paralelo, capazes de armazenar energia eléctrica na forma de energia química por meio de um processo electroquímico de oxidação e redução (Redox) que ocorre no seu interior. Quando uma bateria carregada é conectada a uma carga eléctrica, ocorre o processo reverso, ou seja, uma corrente continua é produzida pela conversão de energia química e eléctrica. (Pinho & Galdino, 2014).

As baterias electroquímicas são uma importante forma de armazenamento de energia que pode ser utilizada em sistemas fotovoltaicos. Pois eles são capazes de directamente a energia eléctrica em energia potencial química e posteriormente converter, directamente a energia potencial química em energia eléctrica, e as baterias também são chamadas de acumuladores eletroquímicos. (Seguel 2009).

Em sistemas fotovoltaicos isolados da rede eléctrica, o uso de dispositivos de armazenamento de energia faz-se necessário para atender a demanda em períodos nos quais a geração é nula ou insuficiente (à noite, em dias chuvosos ou nublados, com baixos níveis de irradiância solar). Assim, parte da energia solar convertida em energia eléctrica pelos módulos fotovoltaicos durante o dia é armazenada para ser usada em outros momentos para atender a demanda (Pinho & Galdino, 2014).

2.5.2.3. Regulador de carga

O regulador de carga funciona como elo de ligação entre os módulos fotovoltaicos, o banco de baterias e a carga de consumo. Este controla o armazenamento de energia das baterias, evitando a sua sobrecarga/sobredescarga, através da análise da tensão na mesma. As suas características principais para bom funcionamento são (Luque & Hegedus, 2003):

- ✓ Apresentar um baixo consumo interno;
- ✓ Elevada eficiência é recomendável (96% a 98%);
- ✓ Cortar a ligação entre as baterias e o consumo em caso de uma descarga profunda;
- ✓ Carregamento deverá ser feito a altas tensões;
- ✓ Tensão de ruptura dos componentes semicondutores deverá ser pelo menos duas vezes a tensão em circuito aberto do gerador solar;

- ✓ Protecção integrada no caso de sobretensão;
- ✓ Deve encontrar-se num local abrigado.

Controladores de carga são incluídos na maioria dos SFI com o objectivo de proteger a bateria (ou banco de baterias) contra cargas e descargas excessivas, maximizando a sua vida útil. No momento de se especificar um controlador de carga, primeiro é importante saber o tipo de bateria a ser utilizada e o regime de operação do sistema. A seguir, determina-se a tensão e a corrente de operação do sistema. Para valores elevados de corrente de operação, o custo do controlador aumenta significativamente e a sua disponibilidade no mercado reduz-se (Pinho& Galdino, 2014).

CAPITULO III – METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS

3.1. Localização e característica da área em estudo

A residência de baixo consumo está localizada na região sul de Moçambique, na cidade da Matola, Bairro de Ndlavela, na latitude de 25°52'14"s e longitude 32°31'47"E, do tipo 3 cujo quarto contém como cargas uma lâmpada e um laptop, nos quartos 2 e 3 temos respectivamente uma lâmpada e na sala temos as seguintes cargas: uma lâmpada, um congelador e uma TV. Nos anexos esta contida a tabela que mostra-nos a potência de cada carga.

A residência de alto consumo está localizada na região sul de Moçambique, na cidade da Matola, Bairro de Ndlavela, na latitude de 25°53'19"S e longitude de 32°33'06"E. É do tipo 3, tendo um quarto *Suit* com as seguintes cargas: uma lâmpada, um laptop, uma TV e um AC. No quarto 2 com as seguintes cargas: uma lâmpada, um AC e um computador. No quarto 3 temos uma lâmpada, um laptop e um AC. Na sala temos um AC, Lâmpadas e uma TV. Na cozinha temos lâmpadas, um congelador, um fogão e um microondas. Na área de serviço temos como cargas uma máquina de lavar e uma lâmpada por fim na varanda temos uma lâmpada.

Para se alcançar o objectivo de comparar as 3 alternativas de consumo por meio da viabilidade económica. Houve necessidade de se estudar os custos de cada alternativa num período de 25 anos para as duas residências de baixo e alto consumo dimensionou-se um sistema fotovoltaico autónomo, fez-se o estudo da previsão dos custos num período de 25 anos, fez-se o estudo dos custos no consumo na rede EDM no mesmo período, dimensionou-se um sistema fotovoltaico híbrido bimodal e fez se o estudo do custos do investimento dos 25 anos por fim fez se o estudo dos três custos, para se concluir qual dos três é mais viável.

A razão que leva a fazer um estudo em duas residências, uma residência de baixo consumo e outra de alto consumo é com intuito de perceber se a quantidade da cara influencia de ma forma proporcional.

3.2. Dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos

O dimensionamento de sistemas para instalações domésticas, pode ser efectuado sem o recurso à utilização de software específico, desde que não contemple um grande número de variáveis. Neste contexto, a aplicação de um conjunto de equações matemáticas simples permite executar o processo de dimensionamento de forma mais ou menos precisa. Contudo, se o sistema tiver algum grau de complexidade, é prudente que seja utilizado um software comercial específico.

3.2.1. 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 1.5 configura um exemplo simples relativo ao procedimento que deverá ser executado para se efectuar o levantamento das necessidades diárias de consumo. (Carneiro, 2009)

Tabela 3.3.1 Equipamentos utilizados e necessidades de consumo (Carneiro, 2009)

Equipamentos	Número	horas de uso/dia	Potência (W)	Energia diária (Wh/d)
Lâmpadas de leitura	-	-	-	-
Frigorífico	-	-	-	-
Televisão	-	-	-	-
Computador	-	-	-	-
TOTAIS			$\sum P_i$	W_D

3.2.2. Determinação da potência do gerador FV

(Carneiro, 2009) O gerador FV deverá ter uma potência (PFV) que deverá garantir a satisfação das necessidades de consumo diário de energia que constam na tabela 1.5. Por outro lado, o dimensionamento deverá ser efectuado de modo a considerar o mês mais desfavorável (menor número de horas de sol equivalentes à radiação padrão de 1000 W/m²). Neste sentido, a potência do gerador FV calcula-se de acordo com a seguinte equação

$$P_{FV} = \frac{W_D}{K_{reg+inv} * H_S}$$

(Eq: 3.1)

Onde: W_D é energia diária de consumo (Wh),

$K_{reg+inv}$: Rendimento (regulador+inversor)

H_S : é o número de horas de sol (h/dia)

3.2.3. Número de Módulos por Fileira

A associação em série permite obter tensões mais elevadas, mantendo a corrente

estipulada do módulo. O número de módulos por fileira, N_s é limitado pela tensão da bateria, V_{bat} . Contudo, a tensão máxima do sistema FV deve ser sempre igual ou superior à da bateria, já que o gerador tem que carregar a bateria. Deste modo, o número de módulos por fileira é calculado através da seguinte expressão:

$$N_s = \frac{V_B}{V_{max}}$$

(Eq: 3.2)

Onde V_{max} corresponde à tensão máxima do módulo medida em condições padrão.

3.2.4. Número de Fileiras em Paralelo

A ligação em paralelo entre módulos individuais é efectuada quando se pretende obter correntes mais elevadas e manter o nível de tensão estipulada do módulo. O número de módulos por fileira é calculado através da seguinte expressão:

$$N_f = \frac{P_{FV}}{N_s * I_{max} * V_{max}}$$

Eq: 3.3

3.2.5. Dimensionamento de baterias

A capacidade C das baterias é a quantidade de electricidade que a bateria pode fornecer até totalmente descarregada (Torres, 2009). A bateria deve ser dimensionada para armazenar a energia consumida diariamente e mais alguns dias de reserva. A capacidade da bateria pode ser calculada através da equação 3.8 (Freitas, 2008).

$$C = \frac{E * N_d}{V * p * \eta_{inv} * \eta_{cabo}}$$

(Eq: 3.4)

Onde: C é a capacidade das baterias em Ah; E é a energia média diária consumida em Wh; Nd é o número de dias de autonomia; V é a tensão do sistema; P é o limite máximo permitido da profundidade de descarga da bateria (0.3 a 0.9); η_{inv} é o rendimento do inversor; η_{cabo} é o rendimento dos cabos de distribuição calculado com base nas perdas (0.97).

3.2.6. Dimensionamento do controlador de carga

A selecção do controlador de carga MPPT é prevista para cumprir o seu valor de corrente máxima DC, I_{maxDC} . Por isso deverá ser limitada pela corrente total, IT à saída do gerador fotovoltaico, como mostra equação 3.9:

$$I_{maxDC} \geq (N_F \times I_{max})$$

(Eq: 3.5)

3.2.7. Dimensionamento do inversor

O inversor deve ser dimensionado de forma a garantir as necessidades das cargas em CA, podendo neste tipo de sistemas fotovoltaico ser um pouco mais elevado (equação 3.12), para no caso de existir um aumento dos consumos não se ter de substituir o inversor. Sendo assim o número de inversores pode ser calculado através da equação 3.10.

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{P(w)}{P_{inv}}$$

(Eq: 3.6)

Onde: N° de Inversores é o número total de inversores necessários para a instalação; $P(w)$ é valor de potência consumida pelas cargas CA em W; P_{Inv} é valor da potência do inversor escolhido (Freitas, 2008).

A potência máxima que o sistema fotovoltaico produz é dada pelo produto de número de painéis a instalar (NP), pela potência máxima fornecida por cada painel ($P_{máx}$). (Torres, 2009).

$$P_{max,sisFV} = N_P \times P_{max} \quad (\text{Eq: 3.7})$$

$$P_{max,inv} \geq P_{max,sisFV} \quad (\text{Eq: 3.8})$$

3.3. Método para avaliação económica dos sistemas

Para a análise de viabilidade económica entre o consumo na EDM, Sistema fotovoltaico autónomo e sistema híbrido bimodal foi utilizado o método do Valor Presente Líquido, ou VPL, é a diferença entre o valor presente das entradas do projecto e o seu investimento inicial (DASSI et al., 2015). Esse método considera o valor do dinheiro no tempo e o custo do capital. Assim, dado um fluxo de caixa com o investimento inicial e consequentes entradas e saídas, seu deslocamento para o tempo presente mostra o valor actual do investimento futuro. Esse valor deve ser positivo e, quanto maior, melhor o investimento. O cálculo pode ser realizado de acordo com a equação.

O VPL positivo significa que o projecto viável. O VPL negativo significa que o projecto custa mais do que vale, ou seja, se for implementado, trará prejuízo (Carvalho, 2017).

$$VPL = -FC0 + \sum_{K=1}^N \frac{FC_K}{(1+i)^k}$$

Em que: FC_K representa os fluxos de caixa referentes a cada ano do horizonte de planeamento. $FC0$ Investimento inicial do projecto. $k(1;n)$ períodos do horizonte de planeamento. i representa a taxa mínima de atractividade do projecto ou custo de capital (Carvalho, Análise de Viabilidade Económica de um Projecto de micro geração fotovoltaico Aplicada ao Campus da USP, 2017).

O fluxo de caixa é descontado a uma determinada taxa por dois motivos: o dinheiro de hoje vale mais que o dinheiro de amanhã e um dinheiro seguro vale mais que um dinheiro incerto (Nakabayashi, 2015).

3.3.1. Técnicas para tratamentos dos dados

Para esse estudo vamos tomar em consideração os seguintes pontos:

- a) Na análise da viabilidade económica os investimentos serão considerados todos os gastos: equipamentos para instalação do sistema e na troca dos mesmo quando o seu tempo de vida útil for atingido. A manutenção e importação são também investimentos mas nesse estudo não serão considerados.
- b) Os *cashflows* do investimento serão considerados o consumo da energia sem ter custos que o sistema fotovoltaico proporciona. Para transformar essa energia em valores monetários vamos recorrer a tarifa de cobrança da EDM.
- c) Custo de energia 7.6mtn/kWh +30 MT taxa de lixo +10 MT taxa de rádio +9.5% IVA.
- d) Segundo a EDM e as facturas das residências o custo de energia é a soma da taxa do lixo correspondente a 30 MT com a taxa de rádio de 12 MT, com 7.6 MT por cada 1kWh e 9,5% do imposto.

$$\text{Custo Mensal} = 7.6 \frac{\text{mt}}{\text{kWh}} * E_{\text{CONSUMIDA}} + \text{Taxa de lixo} + \text{Taxa de radio}$$

(Eq: 3.9)

- e) O custo de energia fornecida pela EDM tem sofrido actualizações, e vamos considerar uma actualização anual de 10%.
- f) Para o cálculo do valor presente líquido recorreu-se a taxa de imposto actual em Moçambique de 10,25%.

CAPITULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Energia consumida na residência d baixo consumo

Para o preenchimento da tabela 4.1. fez o levantamento da potência de cada carga e media do tempo de consumo por dia de cada carga.com os dados foi possível obter a energia consumida por cada carga.

Tabela4.1 Consumo diário da energia na residência de baixo consumo

Utilização	Cargas	Potencia (W)	Duração	Energia (Wh)
Q1	Lâmpada	40	6	240
	Laptop	90	4	360
Q2	Lâmpada	40	6	240
Q3	Lâmpada	40	6	240
Sala	Lâmpada	40	6	240
	Congelador	200	24	4800
	TV	100	14	1400
Varanda	Lâmpada	40	6	240
Diversos				200
Total				7960

De acordo com a tabela a residência tem um consumo médio diário de energia $E_C = 7,96 \text{ kJ}$

4.2. Dimensionamento do sistema fotovoltaico *Off-Grid* na residência de baixo consumo

4.2.1. Quantidade de Painéis solares

De acordo com a equação (Eq:3.2) e as especificações $V_{DC} = 48V$ $V_m = 48,6V$ obtêm-se a seguinte quantidade de painéis em paralelo:

$$NF = \frac{V_{dc}}{V_m} \cong 1$$

(Eq: 4.1)

De acordo com as equações (Eq:3.1), (Eq:3.3) e tomando em conta os seguintes dados $K_{Inv+reg} = 0.8, H_s = 3,76h, I_{max} = 10,28A$, obteve-se se o seguinte:

$$P_{FV} = \frac{E_C}{K_{Inv+reg} \times H_s} = 2497.255W$$

(Eq: 4.2)

$$N_f = \frac{P_{FV}}{N_s * I_{max} * V_{max}} \cong 6$$

(Eq: 4.3)

Contudo Serão necessários 6 painéis fotovoltaicos de $P_{max} = 500w, I_{max} = 10,28A, V_{max} = 48,6V$,

4.2.2. Dimensionamento das baterias

Para o dimensionamento das baterias recorreu-se a equação (Eq:3.4) e as especificações: $N_d = 3; \eta_{cabo} = 0.97; \eta_{inv} = 0.9; V_{dc} = 48V$.

$$C = \frac{E * N_d}{V * p * \eta_{inv} * \eta_{cabo}} = 712.3424971Ah$$

(Eq: 4.4)

Com a capacidade calculada na (Eq: 4.4) seleccionou-se uma bateria com seguintes características: $C = 800Ah, U = 48V$.

4.2.3. Dimensionamento do Regulador de carga

De acordo com a condição colocada na equação (Eq:3.5), obteve-se o seguinte:

$$I_{maxDC} \geq (N_F \times I_{max}) \geq 61.74A$$

(Eq: 4.5)

Escolheu-se um regulador de carga com as seguintes especificações $I = 80A, V = 48V$.

4.2.4. Dimensionamento do inversor

Recorrendo-se as potencias fotovoltaicas obtidas na (Eq:4.2) e de acordo com a condição da equação (Eq:3.7) seleccionou-se para cada bloco um inversor com as seguintes característica $P = 2500W, e U = 48V$ implica o uso de 1 inversor.

4.3. Dimensionamento do sistema Fotovoltaico híbrido na residência de baixo consumo

Para este dimensionamento há necessidade de fazer divisão da carga em períodos, Num certo período as cargas são alimentadas pelo sistema autónomo e noutro pela rede EDM.

4.3.1. 4.3.1. Dimensionamento do sistema para energia consumida no banco de baterias

4.3.1.1. Energia consumida no banco de bateria

No período de dia as cargas serão alimentadas pelo banco de baterias, para tal em media no quarto 1, o laptop é usado por 2h, o congelador e a TV ficam ligados por 9h e os diversos que envolvem o carregamento de telefone consideramos que consumirão 100Wh.

Tabela 4.2 Energia prevista consumida no banco de bateria

Utilização	Cargas	Potencia (W)	Duração (h)	Energia (Wh)
Q1	Laptop	90	2	180
Sala	Congelador	200	9	1800
	TV	100	9	900
Diversos	Telefones			100
Total				2980

4.3.1.2. Quantidade de Painéis solares

Baseando-se na formula (Eq:3.2) e tomando-se em consideração $V_{dc} = 48V$, $V_m = 48,6V$ obtemos o seguinte:

$$NF = \frac{V_{DC}}{V_m} \cong 1$$

(Eq:4.6)

Para o cálculo dos painéis a serem associados em serie recorreu-se as equações(Eq:3.1) e (Eq:3.3) e tomando em consideração os seguintes dados $K_{Inv+reg} = 0,8$, $H_s = 3,76h$, $I_{max} = 10,28A$

$$P_{FV} = \frac{E_c}{K_{Inv+reg} \times H_s} = 934.902W$$

(Eq: 4.6)

$$N_f = \frac{P_{FV}}{N_s * I_{max} * V_{max}} \cong 2$$

(Eq: 4.7)

Assim serão necessários 2 painéis fotovoltaicos de $P_{max} = 500W$, $I_{max} = 10,28A$, $V_{max} = 48,6V$.

4.3.1.3. Dimensionamento das baterias

Para o dimensionamento das baterias recorreu-se a equação (Eq:3.4) e tendo em consideração os seguintes dados:

Para as baterias considerou-se 2 dia de autonomia por questões de redundância, para suprir dias que pode se registar corte de energia por + de 24h e também em dias em que o consumo da carga pode vir a superar o previsto $Nd = 2; \eta_{cabo} = 0.97; \eta_{inv} = 0.9; U_{dc} = 48V$.

$$C = \frac{E * N_d}{U_{dc} * p * \eta_{inv} * \eta_{cabo}} = 177.7873234 Ah \quad (\text{Eq: 4.8})$$

Com a capacidade acima preferi usar uma bateria com: $C = 200Ah, U = 48V$.

4.3.1.4. Dimensionamento do Regulador de carga

De acordo com a condição colocada na equação (Eq:3.5), obteve-se o seguinte:

$$I_{maxDC} \geq (N_F \times I_{max}) \geq 20,58, A \quad (\text{Eq: 4.9})$$

Escolheu-se um regulador de carga com as seguintes especificações $I = 25A, U = 48V$.

4.3.1.5. Dimensionamento do inversor

De acordo com a potência fotovoltaica obtida na (Eq:4.7) e De acordo com a condição da equação (Eq:3.7) podemos escolher para cada bloco um inversor com as característica $P = 1000W, U = 48V$, com isso será necessário 1 inversor.

4.3.2. Energia consumida na rede eléctrica

É Previsto que de noite seja consumida energia na rede eléctrica, e nesse período o consumo é distribuído da seguinte maneira como ilustra a tabela 4, que as lâmpadas ficam acesas por 6h, o congelador ligado por 15h, o laptop por 2h e considerando os diversos com consumo de 100Wh.

Tabela 4.3 Previsão da energia consumida na rede eléctrica

Utilização	Cargas	Potencia (W)	Duração (h)	Energia (Wh)
Q1	Lâmpada	40	6	240
	Laptop	90	2	180
Q2	Lâmpada	40	6	240
Q3	Lâmpada	40	6	240
SALA	Lâmpada	40	6	240
	Congelador	200	15	3000
	TV	100	5	500
Varanda	Lâmpada	40	6	240
Diversos	Telefones			100
Total				4980

4.4. Análise da viabilidade económica das três alternativas de consumo

4.4.1. Investimento consumindo na rede EDM ou ganhos para o sistema autónomo

O consumo médio diário na residência é de 7,960 kWh correspondendo mensalmente a um consumo de 246.76 kWh que de acordo com a equação (Eq: 3.9) equivale mensalmente a 2 095.54 MT Anualmente correspondente a 25146.44 MT. Equivale afirmar que se implementarmos um sistema autónomo teremos um retorno anual de 25146.44 MT.

4.4.2. Cálculo do investimento no sistema autónomo

Tabela 4.4 Custos das matérias do sistema fotovoltaico autónomo

Itens	Vida Útil	Preço (\$)	Valor (MT)	Qtd	Total (MT)
Painéis 500w,48v	25	171.53	12,401.85	6	74,411.10
Baterias 800ah,48v	12	4,916.50	355,462.68	1	355,462.68
Inversores	10	195.00	14098.5	1	14,098.50
Controladores	5	536.24	38,770.23	1	38,770.23
Total					482,742.51

A tabela 4.4 mostra o custo dos matérias a serem usados na montagem do sistema e mostra-nos o tempo de vida útil de cada material, e como ao longo do tempo os materiais devem ser alterados temos a tabela 4.5. que mostra a previsão custos futuros.

Tabela 4.5 Investimentos futuros baseando se na vida útil do material

Itens	Preço total (MT)	VIDA UTIL (ANOS)						Investimento (MT)
		5 Anos	10 Anos	12 Anos	15 Anos	20 Anos	24 Anos	
Painéis	74,411.10							74,411.10
Controladores	38,770.23	38,770.2	38,770.23		38,770.23	38,770.23		38,770.23
Baterias	355,462.7			355,462.68			355,462.68	
Inversores	14,098.50		14,098.50			14,098.50		
Total	482,742.5	38,770.2	52,868.73	355,462.68	38,770.23	52,868.73	355,462.68	113,181.33

4.4.3. Dimensionamento no sistema Híbrido

4.4.3.1. Ganhos da componente autónoma do sistema

Tendo em conta que a energia consumida da rede é aproximadamente a 4,98kWh correspondendo mensalmente a um consumo de 154.3kWh que de acordo com a equação (Eq: 3.9) equivale mensalmente a 1 326.75MT Anualmente correspondente a

15921.00 MT. Então a componente autónoma quando instalada tem a missão de alimentar 2.98kWh por dia equivalente a 92.38kWh mensal.

Gerando para o sistema um ganho de 810.79 MT/mes fazendo equivalência na tarifa actual da EDM da equação (EQ:3.9) correspondendo a um ganho anual de 9729.44MT.

4.4.3.2. Investimento na componente autónoma do sistema híbrido

Esta componente autónoma é responsável por alimentar 2.98kWh por dia, a tabela abaixo mostra o investimento na compra do material necessário.

Tabela 4.6 Custos dos equipamentos para o sistema híbrido

Itens	Vida útil	Preço (\$)	Valor (MT)	Qtd	Total (MT)
Painéis 500w,48v	25	171.53	12,401.85	2	24,803.70
Baterias 200ah,48v	12	1,680.00	121,464.00	1	121,464.00
Inversor Híbrido 5KW,48V	10	117.00	8,459.10	1	8,459.10
Controlador de carga 30A,48V	5	243.60	17,612.60	1	17,612.60
TOTAL					172,339.40

Como estes aparelhos depois de um certo tempo perdem a sua utilidade então é prevista a futura alteração, então a tabela mostra os investimentos futuros.

Tabela 4.7 Futuros investimentos com a alteração dos equipamentos

Itens	Preço total (MT)	Tempo de vida dos equipamentos						
		5 Anos	10 Anos	12 Anos	15 Anos	20 Anos	24 Anos	25 Anos
		Investimento (MT)						
Painéis	4,803.70	0	0	0	0	0	0	24,803.70
Controladores	17,6212.60	17,612.60	17,612.6	0	17,612.60	17,612.60	0	17,612.60
Baterias	121,464.00	0	0	121,464.00	0	0	121,464	0
Inversores	8,459.10	0	8,459.1	0	0	8,459.10	0	0
Total	172,339.40	17,612.60	26,071.7	121,464.00	17,612.60	26,071.70	121,464	42,416.30

4.4.4. Comparação gráfica das alternativas de consumo

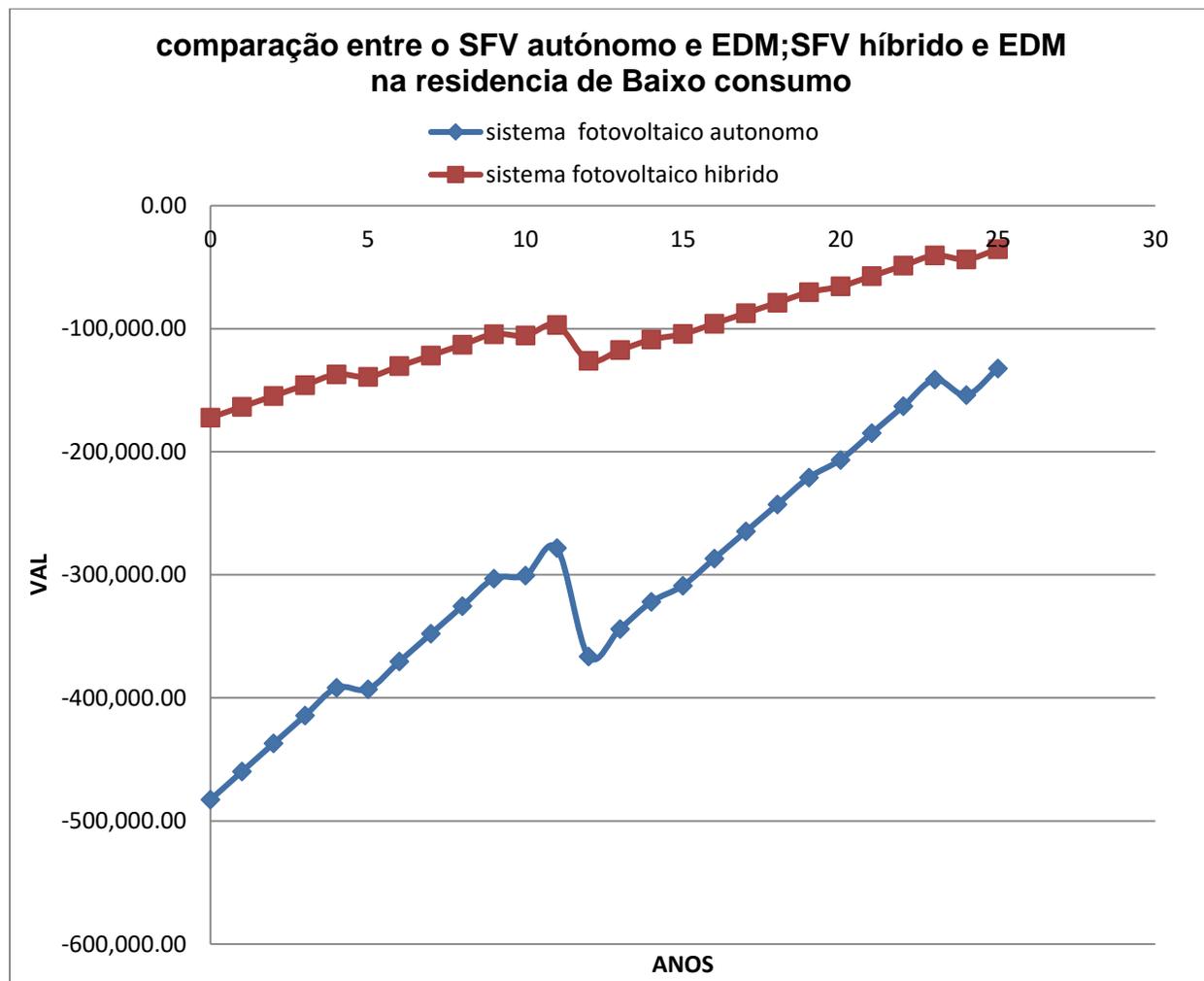


Figura 4.1 Comparação gráfica das alternativas de consumo para a residência de baixo consumo.

Como nos ilustram os gráficos acima que mostram qual das alternativas de consumo é viável economicamente num período de estudo de 25 anos, do gráfico do sistema fotovoltaico autónomo é possível notar que dentro do período de 25 anos não atingimos o $VAL > 0$ que corresponde dizer que o sistema autónomo não é economicamente viável

que consumo na rede EDM. Pois nesse período haverá mais investimento do que retorno.

É possível ver que de 12 em 12 anos o mesmo tem ascendido bruscamente isto devido ao custo das baterias que são os matérias mais caros do sistema e a situação vem-se agravando quando dimensionou-se tendo em conta o tempo de autonomia. De considerar que neste estudo não tomou-se em consideração os seguintes aspectos: a importação dos equipamentos e a manutenção do sistema, esses aspectos quando adicionados no estudo agravam a situação do sistema fotovoltaico aumentando o seu custo.

O gráfico do sistema híbrido mostra também não ser economicamente viável em relação ao consumo na EDM dentro dos 25 anos não atingimos o $VAL > 0$ mas mostra-se estar próximo de atingir a viabilidade.

O sistema híbrido comporta-se como não viável mais é fiável, pois garante fornecimento interrupto de energia pois, quando a EDM falha o fornecimento a componente fotovoltaico da conta mas por um certo período.

4.5. Energia consumida na residência de alto consumo

A tabela mostra os dados recolhidos na residência, isto é, a potência de cada carga e o tempo médio de consumo de cada carga por dia, e com os mesmos dados obteve-se a energia consumida por cada carga e por consequentemente por toda a residência.

Utilização	Cargas	Potencia (W)	Qtd	Duração (h)	Energia (Wh)
Quarto Suit	Lâmpada	40	2	6	480
	Laptop	90	1	4	360
	AC	1800	1	5	9000
	Tv.	100	1	2	200
Q2	Lâmpada	40	1	6	240
	AC	1200	1	4	4800
	Computador	500	1	6	3000
Q3	Lâmpada	40	1	6	240
	Laptop	90	1	3	270
	AC	1200	1	4	4800
SALA	Lâmpada	90	4	8	2880
	AC	1200	1	5	6000
	Tv.	100	1	14	1400
Cozinha	Lâmpada	40	2	5	400
	Fogão	3000	1	3	9000
	Congelador	300	1	24	7200
	Microondas	2000	1	0.5	1000
A.Serviço	Maquina de lavar	1000	1	1	1000
	Lâmpada	40	1	2	80
Varanda	Lâmpada	40	1	6	240
Diversos					3000
Total					55590

4.6. Dimensionamento do sistema fotovoltaico Offgrid na residência de alto consumo

Para o dimensionamento do sistema fez a divisão das cargas em dois blocos, como mostram as tabelas 4.8 e 4.9.

Tabela4.8 Energia consumida no bloco A

Bloco A					
Utilização	Cargas	Potencia (W)	Qtd	Duração (h)	Energia (Wh)
Quarto Suit	Lâmpada	40	2	6	480
	Laptop	90	1	4	360
	AC	1800	1	5	9000
	TV	100	1	2	200
Q2	Computador	500	1	6	3000
	Lâmpada	40	1	6	240
Q3	Laptop	90	1	3	270
	AC	1200	1	4	4800
Sala	Lâmpada	90	4	8	2880
	TV	100	1	14	1400
Cozinha	Lâmpada	40	2	5	400
	Microondas	2000	1	0.5	1000
A. Serviço	Maquina de lavar	1000	1	1	1000
	Lâmpada	40	1	2	80
Varanda	Lâmpada	40	1	6	240
Diversos					2000
Total					27350

Tabela4.9 Energia consumida no bloco B

Bloco B					
Utilização	Cargas	Potencia (W)	Qtd	Duração (h)	Energia (Wh)
Q2	AC	1200	1		4800
Q3	Lâmpada	40	1	6	240
SALA	AC	1200	1	5	6000
Cozinha	Fogão	3000	1	3	9000
	Congelador	300	1	24	7200
Diversos	Telefones				1000
Total					28240

4.6.1. 4.6.1. Dimensionamento dos painéis solares

Para o dimensionamento dos painéis recorreremos as equações (Eq:3.1), (Eq:3.2), (Eq:3.3) e tomando em conta do dados do painel escolhido.

Tabela 4.10 Dimensionamento dos painéis solar para os blocos A e B

Bloco	$V_{DC}(V)$	$V_m(V)$	$K_{Inv+reg}$	$H_S(h)$	$I_{max}(A)$	$E_C(kWh)$	$P_{FV}(W)$	N_S	N_F
A	48v	48,6v	0.8	3.76	10.28	27.35	8580.39	1	18
B	48v	48,6v	0.8	3.76	10.28	28.24	8859.61	1	18

Serão necessários 36 painéis fotovoltaicos com as seguintes especificações $P_{max} = 500w$, $I_{max} = 10,28A$, $U_{max} = 48,6V$.

4.6.2. Dimensionamento das baterias

Para o dimensionamento das baterias recorreu-se a equação (Eq:3.4) e tramando-se emconsideração alguns parâmetros da mesma como mostra-nos a tabela.

Tabela 4.11 Dimensionamento das baterias para os blocos A e B

Bloco	Nd	η_{cabo}	η_{inv}	$U_{dc}(V)$	$C(Ah)$
A	3	0.97	0.9	48	2447.559
B	3	0.97	0.9	48	2527.205

Recorrer-se-ia baterias com as seguintes características $C = 800Ah$, $U = 48V$., para cada bloco Serão necessárias 3 baterias do mesmo tipo, totalizando 6 baterias.

4.6.3. Dimensionamento do Regulador de carga

De acordo com a condição colocada na equação (Eq:3.5), obteve-se o seguinte:

$$Bloco A : I_{maxDC} \geq (N_F \times I_{max}) \geq 185.22 A$$

(Eq: 4.10)

$$\text{Bloco B : } I_{maxDC} \geq (N_F \times I_{max}) \geq 185.22 \text{ A}$$

(Eq: 4.11)

Escolheu-se um regulador de carga com as seguintes especificações $I = 200A$, $U = 48V$ Para cada bloco, totalizando dois.

4.6.4. Dimensionamento do inversor

Recorrendo as potências fotovoltaicas na tabela 4.10e de acordo com a condição da equação (Eq:3.7) podemos escolher para cada bloco um inversor com as característica $P= 9000W$, $U = 48V$, com isso serão necessários dois inversores.

4.7. Dimensionamento do sistema Fotovoltaico Híbrido na residência de Alto consumo

4.7.1. Energia consumida no banco de bateria

Utilização	Cargas	Potencia (W)	Qtd	Duração (h)	Energia (Wh)
Quarto Suite	Laptop	90	1	2	180
	AC	1800	1	1	1800
Q2	Computador	500	1	4	2000
Q3	Laptop	90	1	1	90
Sala	AC	1200	1	1	1200
	Tv.	100	1	10	1000
Cozinha	Fogão	3000	1	3	9000
	Congelador	300	1	9	2700
	Microondas	2000	1	0.25	500
A.Serviço	Maquina de lavar	1000	1	1	1000
Diversos					1500
Total					20970

4.7.2. Dimensionamento do sistema para energia consumida no banco de baterias

4.7.2.1. Quantidade de Painéis solares

De acordo com as equações (Eq:3.1), (Eq:3.1), (Eq:3.1) e os dados característicos do painel em escolha $U_{dc} = 48v$, $U_{max} = 48,6v$, $K_{inv+reg} = 0.8$, $H_s = 3,76h$, $I_{max} = 10,28A$ obtemos o seguinte:

$$NF = \frac{U_{dc}}{U_m} \cong 1$$

(Eq: 4.12)

$$P_{FV} = \frac{E_C}{K_{inv+reg} \times H_s} = 6578.823529w$$

(Eq: 4.13)

$$N_f = \frac{P_{FV}}{N_s * I_{max} * U_{max}} \cong 14$$

(Eq: 4.14)

Serão necessários 14 painéis fotovoltaicos de $P_{max} = 500W$, $I_{max} = 10,28A$, $U_{max} = 48,6V$,

4.7.2.2. Dimensionamento das baterias

Para o dimensionamento das baterias recorreu-se a equação (Eq:3.4) tendo em consideração os seguintes dados: $N_d = 2$; $\eta_{cabo} = 0.97$; $\eta_{inv} = 0.9$; $U_{dc} = 48v$.

$$C = \frac{E * N_d}{U * p * \eta_{inv} * \eta_{cabo}} = 1251.074Ah$$

(Eq: 4.15)

Para suprir a necessidade recorreu-se a duas baterias de: $C = 860Ah$, $U = 48V$.

4.7.2.3. Dimensionamento do Regulador de carga

Recorrendo a condição colocada na equação (Eq:3.5), obteve-se o seguinte:

$$I_{maxDC} \geq (N_F \times I_{max}) \geq 144.06, A \quad \text{(Eq: 4.16)}$$

Escolheu-se um regulador de carga com as seguintes especificações $I = 200A$, $U = 48V$

4.7.2.4. Dimensionamento do inversor

Baseando se na potências fotovoltaica na tabela 4.14 e de acordo com a condição da equação (Eq:3.7) o inversor escolhido tem as seguintes características $P = 9000W$, $U = 48V$.

4.7.3. Energia consumida na rede eléctrica

A tabela a baixo mostra a carga que estará sobre a responsabilidade da rede no período nocturno isto é, no período em que não se vai depender do sistema fotovoltaico , e este dados foram inqueridos nos residentes.

Tabela 4.12 Carga alimentada pela rede EDM no sistema híbrido

Utilização	Cargas	Potencia (W)	Qtd	Duração (h)	Energia (wh)
Quarto Suit	Lâmpada	40	2	6	480
	Laptop	90	1	2	180
	AC	1800	1	4	7200
	Tv.	100	1	2	200
Q2	Lâmpada	40	1	6	240
	AC	1200	1	4	4800
	Computador	500	1	2	1000
Q3	Lâmpada	40	1	6	240
	Laptop	90	1	2	180

	AC	1200	1	4	4800
Sala	Lâmpada	90	4	8	2880
	AC	1200	1	4	4800
	Tv.	100	1	4	400
Cozinha	Lâmpada	40	2	5	400
	Fogão				
	Congelador	300	1	15	4500
	Microondas	2000	1	0.25	500
A.Serviço	Maquina de lavar				
	Lâmpada	40	1	2	80
Varanda	Lâmpada	40	1	6	240
Diversos					1500
Total					34620

A rede eléctrica será responsável por fornecer uma energia de 34,62 kWh de acordo com a tabela 4.12

4.8. Análise da viabilidade económica das três alternativas de consumo na residência de alto consumo

4.8.1. Investimento consumindo na rede EDM ou ganhos para o sistema autónomo

A energia consumida da rede é aproximadamente a 55,590 kWh correspondendo a um consumo de 1723.29 kWh mensal que de acordo com a equação (Eq: 3.9) equivale mensalmente a 14383.22 MT Anualmente correspondente a 172598.63 MT. Concluiu-se que se implementarmos um sistema autónomo teremos um retorno anual de 172 598.63 MT.

4.8.2. Cálculo do investimento no sistema autónomo

Para investir neste sistema teremos como valor inicial 2,997,027.83 MT como nos ilustra a tabela 4.13

Tabela 4.13 Investimento na aquisição das matérias para o sistema autónomo da residência de alto consumo

Aparelhos	Vidaútil	Preço (\$)	Valor (MT)	Qtd	Total (MT)
Painel (500w,48v)	36	171.53	12,401.85	35	434,064.75
Bateria (860Ah, 48V)	12	4,916.50	355,462.68	6	2,132,776.08
Inversor (9KW,48V)	10	2,650.00	191,595.00	2	383,190.00
Controladores (200 A, 48V)	5	325.00	23,497.50	2	46,995.00
Total					2,997,025.83

E como o sistema autónomo nos remete a alteração dos dispositivos de produção quando os mesmos atingem o limite da sua vida útil. A tabela 4.14 mostra-nos os valores a serem investidos futuramente.

Tabela 4.14 Futuros investimentos previstos com a alteração dos equipamentos do sistema autónomo

Itens	Preço total (MT)	Tempo de vida dos equipamentos						
		5 Anos	10 Anos	12 Anos	15 Anos	20 Anos	24 Anos	25 Anos
		Investimento (MT)						
Painéis	434,064.75	0	0	0	0	0	0	434,064.75
Controladores	46,995.00	46,995	46,995		46,995	46,995		46,995.00
Baterias	2,132,776.08	0		2,132,776.08			2,132,776.08	0
Inversores	383,190.00	0	383,190			383,190		0
Total	2,997,025.83	46,995	430,185	2,132,776.08	46,995	430,185	2,132,776.08	42,416.30

4.8.3. Cálculo do investimento e ganhos no sistema híbrido

4.8.3.1. Ganhos da componente autónoma do sistema

É consumida da rede diariamente energia equivalente a 34,62kWh que equivale mensalmente a 1073.22 kWh que corresponde a um custo mensal e anual respectivamente de 8973.34MT e 107680.04 MT. Então a componente autónoma quando instalada tem a missão de alimentar 20.97kw por dia equivalente a650.07kWh

mensal. Gerando para o sistema um ganho de 469.3505MT/mes fazendo equivalência na tarifa actual da EDM da equação segundo a equação (EQ:3.9).

4.8.3.2. Investimento na componente Fotovoltaica do sistema híbrido

Esta componente autónoma é responsável por alimentar 20,97kWh por dia, a tabela 4.15 mostra o investimento na aquisição dos materiais necessários e a tabela 4.16 mostra futuros investimentos na alteração dos equipamentos quando é atingida a sua vida útil.

Tabela 4.15 Investimento de aquisição dos equipamentos fotovoltaicos para o sistema híbrido

Aparelho	Vida útil (Anos)	Preço (\$)	Valor (MT)	Qtd	Total (MT)
Painel (500w,48v)	24	171.53	12,401.85	14	173,625.90
Bateria (860Ah,48V)	12	4,916.50	355,462.68	2	710,925.36
Inversor (9KW48V)	10	2,650.00	191595	1	191,595.00
Controlador (200 A, 48V)	5	325.00	23,497.50	1	23,497.50
TOTAL					1,099,643.76

Tabela 4.16 Futuros investimentos previstos com a alteração dos equipamentos do sistema híbrido

Itens	Preço total (MT)	Tempo de vida dos equipamentos						
		5 Anos	10 Anos	12 Anos	15 Anos	20 Anos	24 Anos	25 Anos
		Investimento (MT)						
Painéis	173,625.90							173,625.9
Controladores	23,497.50	23,497.5	23,497.5		23,497.5	23,497.5		23,497.5
Baterias	710,925.36			710,925.36			710,925.4	
Inversores	191,595.00		191,595			191,595.0		
Total	1,099,643.8	23,497.5	215,092.5	710,925.36	23,497.5	215,092.5	710,925.4	197,123.4

4.8.4. Comparação gráfica das alternativas de consumo

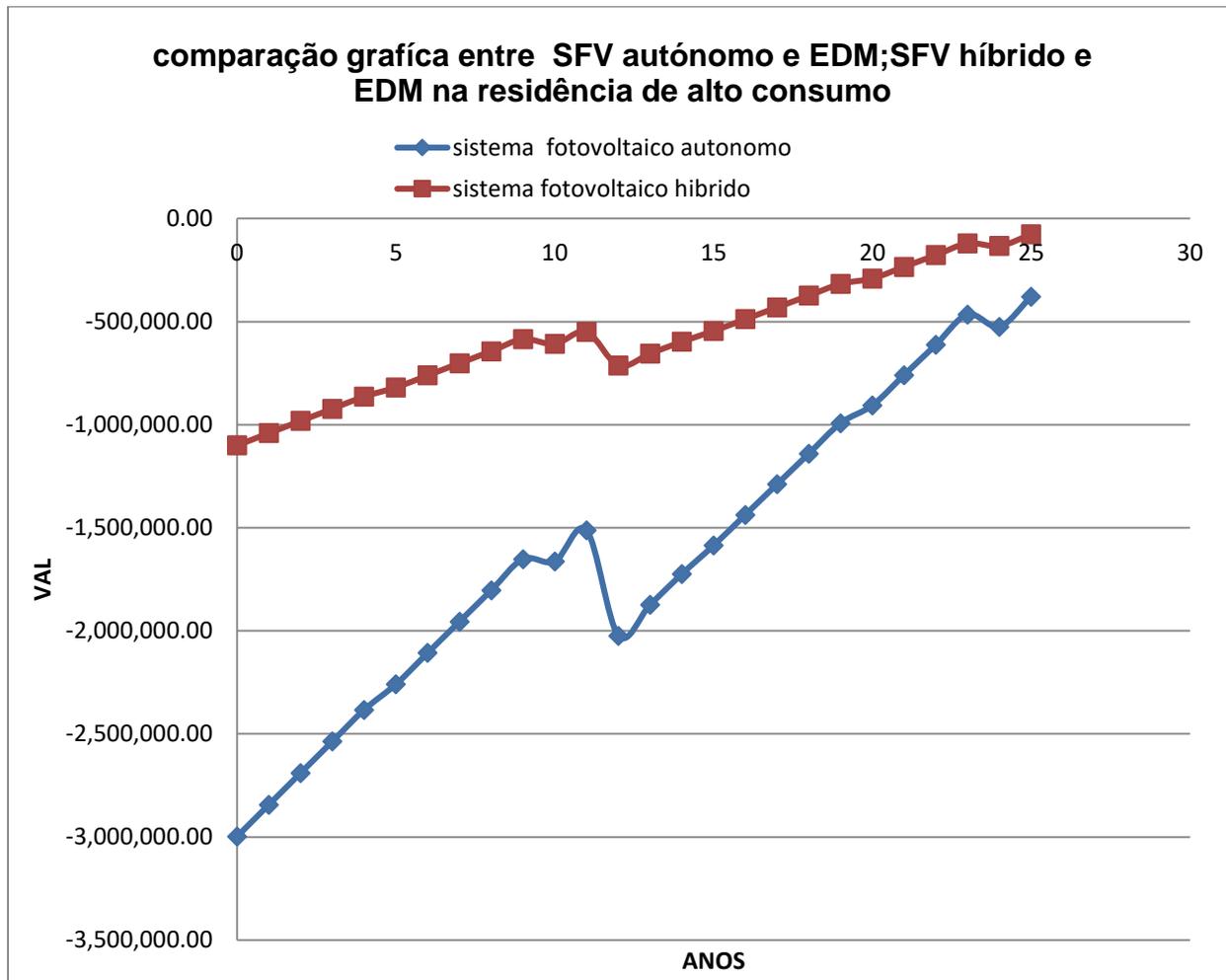


Figura 4.2 Comparação gráfica dos custos acumulados das 3 alternativas de consumo

Para este estudo na residência de alto consumo é notório com base aos gráficos que o consumo no sistema autónomo mantêm-se inviável no período de estudo em causa de 25 anos, pois ainda não se atingiu o $VAL > 0$ o mesmo acontece com o sistema híbrido mas o que podemos notar é que ambos os sistemas tendem a ser viáveis. O consumo na rede EDM mantêm-se viável nesse período de estudo para este caso, sistema híbrido mantêm-se fiável e consumo autónomo mantêm-se como não económico e não fiável.

CAPITULO V- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Com esta investigação que busca encontrar a forma económica de consumo de energia eléctrica nas alternativas de consumo na rede EDM, Sistema fotovoltaico híbrido e sistema fotovoltaico autónomo para o consumo residencial. Pode-se concluir que:

- ✓ Das três alternativas de consumo, consumir na rede EDM continua sendo viável em relação as outras duas alternativas, isto devido ao baixo custo.
- ✓ Consumir no sistema autónomo comporta-se como a péssima alternativa das três, isto devido ao custo dos matérias que é muito elevado com mais destaque as baterias que no seu dimensionamento deve se tomar em conta os dias de autonomia. a troca dos equipamentos quando atingida a sua vida útil, a manutenção do sistema e custos da importação dos equipamentos.
- ✓ Consumir no sistema híbrido comporta se como a segunda opção economicamente viável e proporciona segurança de ter quase sempre acesso a energia de uma forma interrupta isto pela possibilidade de redundância que ela tem, em caso da EDM não fornecer a componente autónomo poderá estar a alimentar ou vice-versa.
- ✓ Possível notar dos gráficos ilustrados nas figuras 4.1 e 4.12 que quanto mais cargas o sistema alimenta o tempo do retorno do investimento diminui, isto devido ao custo dos matérias, pois o taxa do custo de um tipo de equipamento vai reduzindo-se de acordo com a quantidade a requisitar.

5.2. Recomendações

- ✓ Recomenda-se ao consumidor de energia eléctrica a não optar pelo consumo no sistema fotovoltaico tendo como opção consumo na rede EDM
- ✓ Em zonas com registo frequente de cortes de energia recomenda-se que o consumidor opte pelo sistema fotovoltaico híbrido Bimodal pois proporcionam uma maior confiabilidade além de permitir ao consumidor alcançar a tão sonhada independência energética, permite também que se utilize a electricidade de forma continua.
- ✓ É recomendável recorrer ao consumo no sistema fotovoltaico autónomo em localidades sem acesso a rede EDM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carneiro, J. 2009 - ***Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos***. Universidade de Minho, 1 ed., Porto.
- Di Souza, R. 2015 -***Os Sistemas de Engenharia Eléctrica Fotovoltaica*** 1ed.,Bluesol, Ribeirão Preto, Brasil.
- Grupo de Trabalho de Energia Solar. (2004). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, Especial ed.,PRODEEM, Rio de Janeiro, Brasil.
- Do Nascimento, C. A. 2004 - ***Princípio de Funcionamento da Célula***, Universidade Federal de Lavras, Engenharia Eléctrica, 2ed., Lavras, Minas Gerais
- Dos Santos, M. F. 1995 – ***Balanço Energético de um Modulo Fotovoltaico***. Universidade Técnica de Lisboa, Engenharia Mecânica, Lisboa.
- Freitas, S. S. 2008 -***Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos***. Instituto Politécnico de Bragança, Electrotecnia, Porto.
- Greenpro. 2004 -***Energia Fotovoltaica-Manual sobre tecnologia projecto e instalação***, primeira ed., Lisboa, União Europeia, Portugal.
- Grupo de Trabalho de Energia Solar. 2004 -***Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos***, Especial ed., PRODEEM, Rio de Janeiro, Brasil.
- Hewitt, P. G. 2015 - ***Física Conceitual***, 12 ed.,São Francisco, brasileira, Brasil: Bookman.
- Lakatos, E.M e Marconi, M.A. 2003 – Fundamentos de Metodologia Científica, São Paulo, ATLAS S.A
- Nakabayashi, R. 2015 – ***Microgeração Fotovoltaica No Brasil: Viabilidade Económica***. Instituto de Energia e Ambiente da USP, Energia e Ambiente, 1ed.,São Paulo,Brazil.
- Ovelha,R.M. 2017 -***Projecto, Dimensionamento e Instalação de Solução***

Fotovoltaica numa moradia offgrid, 1ed. Lisboa.

Pinho, J. T., & Galdino, M. A. 2014 - ***Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos***. 1ed., CEPEL, Rio de Janeiro, Brasil.

Serrão, M. A. 2010 - ***Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em pouso da cajaíba-paraty***. Rio de Janeiro, RJ – Brasil.

Tamele, E. 2019 - ***Estudo da Conversão do Sistema Eléctrico por Sistema Solar Fotovoltaico para Iluminação Exterior no Estádio Nacional do Zimpeto***. 1ed., Maputo

Twidell, J., & Weir, T. 2006 - ***Renewable Energy Resources***. 2ed., Taylor&Francis, London and New Work, Paris.

Twidell, J., & Weir, T. 2015 - ***Renewable Energy Resources***. 3ed., Routledge. New York, França.

Outra bibliografia

Sites de aquisição de equipamentos

<https://m.alibaba.com/product/1600089942150/9kw-48v-3-phase-on-off.html>. 15 de Setembro de 2020

<https://m.portuguese.alibaba.com/p-detail/-YIY-3kva-inverter-3kw-12v60656136309.Html?language=portuguese&redirect=1>. 15 de Setembro de 2020.

<https://pt.aliexpress.com/i/4001263553687.html?spm=a2g03.12057483.0.0.11d74d7dvHK3oZ>. 15 de Setembro de 2020.

<https://m.portuguese.alibaba.com/p-detail/Good-quality-CE-RoHS-48V-200A-60779142190.html?spm=a2706.8168353.1998817009.12.182e6f1ar35iTi>. 15 de Setembro de 2020

<https://m.pontofrio.com.br/controlador-de-carga-ep-solar-8415an-mppt-80a-12-24-36-48v/p/1502750317>. 15 de Setembro de 2020.

https://pt.made-in-china.com/co_yasian/product_2500W-48V-230V-off-Grid-Power-Inverter_enoeieeq.html?desc_state. 15 de Setembro de 2020

<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1614819721-inversor-off-grid-48v-220v-2500w-onda-senoidal-pura-5000w-60- JM>. 15 de Setembro de 2020.

<https://bateriasyamperios.com/pt-pt/produto/bateria-solar-48v-1270ah-sopzs/>. 15 de Setembro de 2020.

https://pt.made-in-china.com/co_yangtze-solar/product_Yangtze-Power-48V-800ah-Solar-Powered-Battery-Bank_rusurinog.html. 15 de Setembro de 2020.

<https://pt.aliexpress.com/i/4001263553687.html?spm=a2g03.12057483.0.0.11d74d7dvHK3oZ>. 15 de Setembro de 2020.

ANEXOS

ANEXO 1

Off-grid Inversor de Energia 2500W 48V 230V

Home > Lista de Produto > outros > 2500W 48V 230V off-grid Inversor de Energia

Ningbo Yaxiang Electronic
Technology Co., Ltd.
Zhejiang, China

Conta Registrada em : 2014

Tipo de Negócio :
Fabricante/fábrica, Empresa
Comercial

[✉ Contate Agora](#)



[✉ Contate Agora](#)

2500W 48V 230V off-grid Inversor de Energia

Referência Preço US \$ 178,00- 195,00 / Peça

FOB:

Condições de LC, T/T, Western Union

Pagamento:

Capacidade de 100000/Month

Produção:

Embalagem: Polybag, Form, Color Box

Anexo 1-1: preço do inversor de 2500W, 48V, 230V

Descrição de produto

2500W 48V 230V Off-Grid inversor de Energia

Principal vantagem

Onda senoidal de saída (THD<3%),

Alta eficiência ate 92%

Controlada totalmente digital

Marcação, FCC,LVD & RoHS

Funções de protecção múltipla de certificação

Interna de alta velocidade do grupo de motoventilador de refrigeração de poupança de energia

1 Ano de garantia global

Completar LED para indicação de status de operação

Personalizável

Tensão de entrada como 36v,72v,96v,110v,etc;

Tensão de saída como 127v,130v,200v,..

Anexo 1-2: Características do inversor de 2500W,48V,230V

ANEXO2

Banco de bateria Potência Yangtze 48V 800 Ah



Quantidade Mínima / Referência Preço FOB

US \$ 150,00-170,00 / Peça

Anexo 2-1 preço do banco de bateria 48v 800 Ah

Descrição de Produto

Principais Recursos

- ✓ Baixa auto descarregar
- ✓ Longos ciclos de vida de serviço projectada, profundaexcelente desempenho de Descarga Ambiente
- ✓ Grande aptidão da faixa de temperatura ambiente

Aplicações

- ✓ Solar e eólica sistema de armazenamento
- ✓ EPS e backup de bateria UPS
- ✓ Sistema de sinal
- ✓ O sistema de iluminação de emergência, sistema de segurança
- ✓ Equipamento de telecomunicações
- ✓ Fonte de energia para dispositivos portáteis ou ferramentas

Características

1. Parâmetro funcional		5. A temperatura ambiente	
Tensão Nominal	2V	A temperatura de descarga	-20~50°C
Capacidade Nominal (taxa de 10 horas)	800 Ah	Temperatura de carga	-10~50°C
Número de células	2 células	Temperatura de armazenamento	-20~60°C
2. Capacidade nominal a 25 °C (77 °F)		6. Resistência interna & Max . Corrente de descarga	
Taxa de 10 horas (0.1C, 1,80V/célula)	800 Ah	Bateria totalmente carregada a 25 °C (77 °F)	0,35mΩ
Taxa de 3 horas (0,25C, 1,75V/célula)	590Ah	Max. Corrente de descarga	1600A (5s)
Taxa de 1 hora (0.55C, 1,60V/célula)	406Ah	Corrente de curto-circuito	6200A
3. Afectados pela temperatura de capacidade (taxa de 10 horas)		7. Autodescarga a 25 °C (77 °F)	
40°C (104°F)	102%	Capacidade após 3 mês para bagagem	92%
25°C (77 °F)	100%	Capacidade após 6 mês para bagagem	84%
0°C (32°F)	90%	Capacidade após 9 mês para bagagem	74%
-15°C (5°F)	70%	Capacidade de armazenamento de 12 meses após a	65%
4. Dimensões e peso		8. Carga de tensão constante a 25 °C (77 °F)	
Comprimento	412mm	Utilização cíclica	2.35~2.4V
Largura	175mm	Corrente de carga máxima	200A
Altura	332mm	Compensação de Temperatura	-5mV/°C
Altura Total	341mm	O uso de flutuação	2.23~2.27V
Peso de referência	51kg	Compensação de Temperatura	-3.3mV/°C

Anexo 2-2: característica do banco de bateria 48v 800 Ah

ANEXO3

Painel solar 500W,48V



**500W
96 Cells**



Envio gratuito de eficiencia mais elevada potencia Super constituídos Painel Solar 500W

Obter Último Preço >

Quantidade Mínima / Referência Preço FOB
1 W **US \$ 0,19-0,27 / W**

Condições de Pagamento: LC, T/T, D/P, Western Union, PayPal

Porto: Shanghai, China

Capacidade de Produção: 12000 Pieces /Week

[Contate Agora](#)

Anexo 3-5: preço do painel fotovoltaico de 500W,48V

Os parâmetros mecânicos	
Tipo de célula	Mono-cristalina 156x156mm (6 polegada)
Número de células	96 (8x12)
A cota	1956 REUNIAO x1310x45mm
Copo	3, 2Mm, Transmissão de Alta e Baixa ferro, vidro temperado
A caixa de junção	IP65& IP67
Cabo de saída	Seção Tamanho: 4 mm², Comprimento: 900 mm
Frame	O alumínio anodizado ligas
Nº de díodos bypass	6
O conector	MC4 compatível
Condições de trabalho	
O Máximo de tensão do sistema	DC 1000V(IEC) / 1500V(IEC) / 1000V(UL)
A temperatura de operação	-40°C a +85°C
Série máxima do fusível	15A
NOCT	45±2°C
Classe de aplicativos	Classe A
Coeficiente de Temperatura	
Coeficiente de Temperatura de Pmáx	-0, 40%/°C
Coeficiente de temperatura dos COV	-0, 30%/°C
Coeficiente de Temperatura de ISC	+0.05%/°C

ANEXO 3-1: Característica do painel solar 500W, 48V

ANEXO4

Inversor híbrido 9kw,48v

MUST[®]



\$2,000.00 - \$2,650.00 Min.

Order : 1 Piece **9kw 48v**

**3 phase on off grid hybrid
solar inverter**

ANEXO 4-1:Preço do inversor híbrido 9KW,48V

PROFESSIONAL CERTIFICATION

CE IEC EMS SAA ISO9001

High quality and high standard





TEST REPORT

Have quality inspection to use with confidence





ANEXO 4-2: Especificações do inversor híbrido

Anexo 5

Taxa de juros



The screenshot shows a web browser window with the URL www.bancomoc.mz/fm_mercadosmmi.aspx?id=5. The page title is "Tarifário de Energia Eléctrica - ED". The website header includes navigation links: "Legislação Financeira", "Política Monetária", "Supervisão", "Sistema de Pagamentos", "Mercados", "Estatísticas", "Educação", "Inclusão Financeira", and "Publicações e Discursos". The main content area features a breadcrumb trail: "Home > Mercados > Facilidades Permanentes > Taxas de Juro". A mission statement reads: "VISÃO: Ser uma instituição de excelência que contribua para a estabilidade macroeconómica do País e do sector financeiro nacional." Below this, the heading "TAXAS DE JUROS" is displayed. A search bar labeled "Data Fim" with a calendar icon and a "Procurar" button is present. A table lists the following interest rates:

Descrição	Taxas de Juro(%)	Data
Facilidade Permanente de Depósito	7,25	13/01/2021
Facilidade Permanente de Cedência	13,25	13/01/2021
Taxa MIMO	10,25	13/01/2021
Prime rate	15,50	13/01/2021

ANEXO 5-1: Taxa de juros actual em Moçambique

ANEXO 6

Tarifas da EDM



The screenshot shows the website 'cliente.edm.co.mz/index.php/tarifario-de-energia-electrica/'. The navigation menu includes: INICIO, SERVIÇOS, TARIFAS, RECLAMAÇÕES, FÓRUM, DICAS, DOING BUSINESS, CONTACTOS. The main content area is titled 'CATEGORIAS TARIFÁRIAS: Social, Doméstica, Agrícola e Geral (Baixa Tensão)'. Below this is a table with the following structure:

Consumos Registrados (kWh)	PREÇO DE VENDA POR CATEGORIA TARIFÁRIA				Taxa fixa (Mt)
	Tarifa Social (MT/kWh)	Tarifa Doméstica (MT/kWh)	Tarifa Agrícola (Mt/kWh)	Tarifa Geral (Mt/kWh)	
De 0 a 125	1.07				
De 0 a 300		6.63	4.08	10.30	257.97
De 301 a 500		9.39	5.81	14.71	257.97
Superior a 500		9.85	6.39	16.10	257.97
Pré-pagamento	1.07	8.44	5.65	14.75	

Nota: Para os clientes que se enquadrarem nos parâmetros definidos para a tarifa social (potência de 1.1 KVA e consumo não superior a 125kWh/mês), cujas instalações usam o contador do tipo Pré-pagamento (CREDELEC), será fixado um limite de corrente de 5 Ampères.

CATEGORIAS TARIFÁRIAS: Grandes Consumidores de Baixa Tensão, Média Tensão, Média Tensão Agrícola, e Alta Tensão

ANEXO 6-1: Tarifa cobrada pela EDM

ANEXO 7

Calculo da viabilidade económica para a residência de baixo consumo

Anos	AUTONOMO					HIBRIDO				
	GANHOS	INVESTIMENTOS	INV+ GANHO	VP	VPL	GANHOS	INVESTIMENTOS	INV+ GANHO	VP	VPL
0	0.00	-482,742.51	-482,742.51	-482,742.51	-482,742.51	0.00	-172,339.40	-172,339.40	-172,339.40	-172,339.40
1	25,146.44		25,146.44	22,808.56	-459,933.95	9,729.44		9,729.44	8,824.89	-163,514.51
2	27,661.08		27,661.08	22,756.84	-437,177.11	10,702.38		10,702.38	8,804.87	-154,709.63
3	30,427.19		30,427.19	22,705.24	-414,471.87	11,772.62		11,772.62	8,784.91	-145,924.73
4	33,469.91		33,469.91	22,653.75	-391,818.11	12,949.88		12,949.88	8,764.99	-137,159.74
5	36,816.90	-38,770.23	-1,953.33	-1,199.17	-393,017.29	14,244.87	-17,612.60	-3,367.73	-2,067.49	-139,227.23
6	40,498.59		40,498.59	22,551.13	-370,466.15	15,669.35		15,669.35	8,725.28	-130,501.95
7	44,548.45		44,548.45	22,500.00	-347,966.16	17,236.29		17,236.29	8,705.50	-121,796.45
8	49,003.30		49,003.30	22,448.98	-325,517.18	18,959.92		18,959.92	8,685.76	-113,110.69
9	53,903.63		53,903.63	22,398.07	-303,119.11	20,855.91		20,855.91	8,666.06	-104,444.63
10	59,293.99	-52,868.73	6,425.26	2,421.61	-300,697.50	22,941.50	-26,071.70	-3,130.19	-1,179.74	-105,624.37
11	65,223.39		65,223.39	22,296.61	-278,400.89	25,235.65		25,235.65	8,626.80	-96,997.56
12	71,745.73	-355,462.68	-283,716.95	-87,971.52	-366,372.41	27,759.22	-121,464.00	-93,704.78	-29,054.85	-126,052.41
13	78,920.30		78,920.30	22,195.60	-344,176.81	30,535.14		30,535.14	8,587.72	-117,464.68
14	86,812.33		86,812.33	22,145.27	-322,031.53	33,588.65		33,588.65	8,568.25	-108,896.43
15	95,493.57	-38,770.23	56,723.33	13,124.50	-308,907.03	36,947.52	-17,612.60	19,334.92	4,473.67	-104,422.77
16	105,042.92		105,042.92	22,044.96	-286,862.08	40,642.27		40,642.27	8,529.44	-95,893.33
17	115,547.22		115,547.22	21,994.97	-264,867.11	44,706.50		44,706.50	8,510.10	-87,383.23
18	127,101.94		127,101.94	21,945.09	-242,922.02	49,177.15		49,177.15	8,490.80	-78,892.43
19	139,812.13		139,812.13	21,895.33	-221,026.69	54,094.86		54,094.86	8,471.55	-70,420.89
20	153,793.34	-52,868.73	100,924.61	14,335.91	-206,690.78	59,504.35	-26,071.70	33,432.65	4,748.96	-65,671.93
21	169,172.68		169,172.68	21,796.14	-184,894.64	65,454.78		65,454.78	8,433.17	-57,238.76
22	186,089.95		186,089.95	21,746.72	-163,147.92	72,000.26		72,000.26	8,414.05	-48,824.71
23	204,698.94		204,698.94	21,697.41	-141,450.51	79,200.29		79,200.29	8,394.97	-40,429.74
24	225,168.83	-355,462.68	-130,293.85	-12,526.73	-153,977.24	87,120.32	-121,464.00	-34,343.68	-3,301.87	-43,731.62
25	247,685.72		247,685.72	21,599.12	-132,378.12	95,832.35		95,832.35	8,356.94	-35,374.68

Anexo 8

Calículo da viabilidade económica para a residência de alto consumo

Anos	AUTONOMO					HIBRIDO				
	GANHOS	INVESTIMENTOS	INV+ GANHO	VP	VPL	GANHOS	INVESTIMENTO	INV+ GANHO	VP	VPL
0		-2,997,025.83	-2,997,025.83	-2,997,025.83	-2,997,025.83	0.00	-1,099,643.76	-1,099,643.76	-1,099,643.76	-1,099,643.76
1	169,822.91		169,822.91	154,034.39	-2,842,991.44	65,422.59		65,422.59	59,340.22	-1,040,303.54
2	186,805.20		186,805.20	153,685.10	-2,689,306.34	71,964.85		71,964.85	59,205.66	-981,097.88
3	205,485.72		205,485.72	153,336.61	-2,535,969.73	79,161.33		79,161.33	59,071.41	-922,026.48
4	226,034.30		226,034.30	152,988.91	-2,382,980.82	87,077.47		87,077.47	58,937.46	-863,089.02
5	248,637.73	-46,995.00	201,642.73	123,791.14	-2,259,189.68	95,785.21	-23,497.50	72,287.71	44,378.39	-818,710.63
6	273,501.50		273,501.50	152,295.87	-2,106,893.81	105,363.74		105,363.74	58,670.47	-760,040.16
7	300,851.65		300,851.65	151,950.53	-1,954,943.28	115,900.11		115,900.11	58,537.43	-701,502.73
8	330,936.81		330,936.81	151,605.97	-1,803,337.31	127,490.12		127,490.12	58,404.69	-643,098.04
9	364,030.50		364,030.50	151,262.19	-1,652,075.12	140,239.13		140,239.13	58,272.26	-584,825.78
10	400,433.54	-430,185.00	-29,751.46	-11,213.01	-1,663,288.13	154,263.05	-215,092.50	-60,829.45	-22,925.98	-607,751.76
11	440,476.90		440,476.90	150,576.97	-1,512,711.16	169,689.35		169,689.35	58,008.28	-549,743.48
12	484,524.59	-2,132,776.08	-1,648,251.49	-511,069.90	-2,023,781.06	186,658.29	-710,925.36	-524,267.07	-162,558.40	-712,301.87
13	532,977.05		532,977.05	149,894.86	-1,873,886.20	205,324.11		205,324.11	57,745.50	-654,556.37
14	586,274.75		586,274.75	149,554.96	-1,724,331.24	225,856.53		225,856.53	57,614.56	-596,941.81
15	644,902.23	-46,995.00	597,907.23	138,342.25	-1,585,988.99	248,442.18	-23,497.50	224,944.68	52,047.13	-544,894.68
16	709,392.45		709,392.45	148,877.47	-1,437,111.52	273,286.40		273,286.40	57,353.57	-487,541.11
17	780,331.70		780,331.70	148,539.88	-1,288,571.64	300,615.04		300,615.04	57,223.51	-430,317.60
18	858,364.87		858,364.87	148,203.06	-1,140,368.58	330,676.54		330,676.54	57,093.76	-373,223.84
19	944,201.35		944,201.35	147,867.00	-992,501.58	363,744.19		363,744.19	56,964.29	-316,259.55
20	1,038,621.49	-430,185.00	608,436.49	86,425.78	-906,075.80	400,118.61	-215,092.50	185,026.11	26,282.16	-289,977.39
21	1,142,483.64		1,142,483.64	147,197.16	-758,878.64	440,130.47		440,130.47	56,706.24	-233,271.15
22	1,256,732.00		1,256,732.00	146,863.38	-612,015.27	484,143.52		484,143.52	56,577.66	-176,693.49
23	1,382,405.20		1,382,405.20	146,530.35	-465,484.91	532,557.87		532,557.87	56,449.36	-120,244.12
24	1,520,645.72	-2,132,776.08	-612,130.36	-58,851.50	-524,336.41	585,813.66	-710,925.36	-125,111.70	-12,028.50	-132,272.63
25	1,672,710.29		1,672,710.29	145,866.57	-378,469.84	644,395.03		644,395.03	56,193.65	-76,078.98

