



UNIVERSIDADE POLITÉCNICA A POLITÉCNICA

INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO E UNIVERSITÁRIO DE NACALA –ISPUNA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

**SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE
ALTERNATIVA: UM ESTUDO DE CASO, NO HOSPITAL DISTRITAL DE NACALA.**

Lubato Salvador Maseco

Nacala-Porto

2023

Lubato Salvador Masseco

SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE ALTERNATIVA: UM ESTUDO DE CASO, NO HOSPITAL DISTRITAL DE NACALA.

Monografia científica a ser apresentado a Universidade Politécnica, Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em engenharia eléctrica.

Tutor: Eng. Abdala Saide Abdurremane

Nacala-Porto

2023

Resumo

A matriz de energia eléctrica Moçambicana é predominantemente proveniente da Hidroeléctrica da Cahora Bassa. Com a crescente preocupação ambiental, as fontes alternativas ganham espaço. Os sistemas fotovoltaicos, nos últimos anos, têm se apresentado como uma fonte viável de geração de energia eléctrica em diversos países do mundo. Esses sistemas surgiram como uma alternativa às fontes poluentes de energias presentes, por serem consideradas limpas e inesgotáveis. Apesar de o território Moçambicano receber uma enorme quantidade de radiação solar, a tecnologia fotovoltaica, em Moçambique, ainda precisa de maiores investimentos, incentivos governamentais e de uma legislação específica para que sua utilização passe a ser feita em larga escala. Seja através de pequenos sistemas autônomos e até em sistemas conectados a rede, como acontece em grande escala na Alemanha. Existem diversas formas de aplicação e outras estão para surgir com novas pesquisas sendo desenvolvidas. Uma possibilidade de aproveitamento da energia solar é sob o formato de *no-break*, no qual o suprimento de energia é fornecido por um banco de baterias acoplado como reserva de energia por algumas horas, de forma a alternar o suprimento para a carga entre as fontes conectadas. Como forma de estudar esta nova aplicação, este trabalho apresenta um estudo sobre o uso da energia solar fotovoltaica para iluminação como fonte alternativa no Hospital Distrital de Nacala (HDN), no distrito de Nacala com o intuito de amenizar os transtornos ocasionados por eventuais interrupções no fornecimento de energia eléctrica de âmbito local ou geral.

Palavras-chave: HDN, Sistemas fotovoltaicos, No-break, Energia Eléctrica, Energia Solar.

Abstract

The Mozambican electrical energy matrix predominantly comes from the Cahora Bassa hydroelectric plant. With the growing environmental concern, alternative sources gain space. Photovoltaic systems, in recent years, have been presented as a viable source of electricity generation in several countries around the world. These systems emerged as an alternative to current polluting sources of energy, as they are considered clean and inexhaustible. Despite the fact that the Mozambican territory receives an enormous amount of solar radiation, photovoltaic technology in Mozambique still needs greater investments, government incentives and specific legislation for its use to be made on a large scale. Whether through small autonomous systems or even systems connected to the grid, as is the case on a large scale in Germany. There are several forms of application and others are about to emerge with new research being developed. One possibility of harnessing solar energy is in the form of a no-break, in which the energy supply is provided by a bank of batteries coupled as an energy reserve for a few hours, in order to alternate the supply for the load between the sources. connected. As a way of studying this new application, this work presents a study on the use of photovoltaic solar energy for lighting as an alternative source at the Hospital Distrital de Nacala (HDN), in the district of Nacala, in order to alleviate the inconvenience caused by possible interruptions in the local or general electricity supply.

Keywords: HDN, Photovoltaic systems, No-break, Electric Energy, Solar Energy.

Declaração de Honra

Eu, **Lubato Salvador Maseco**, declaro por minha honra que esta monografia, a qual submeto ao Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala – ISPUNA, para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia eléctrica, é trabalho independente e a mesmo nunca foi antes submetido à nenhuma outra Universidade para a obtenção de qualquer outro grau ou diploma. Nele, encontram-se indicados as fontes utilizadas para a sua elaboração.

Nacala Porto, Abril de 2023

O Declarante

Lubato Salvador Maseco

Dedicatória

Dedico à minha família, pela sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Minha mãe, essa senhora guerreira que deu tudo em prol de mim. Meu pai (em memória), em que sua presença nunca será apagada. Meus filhos e minha querida esposa que são a minha fortaleza. Graças à eles que até hoje cheguei onde cheguei.

Agradecimentos

Primeiro o meu agradecimento vai à Deus todo-poderoso que nunca me abandonou em todos momentos da minha vida. Faço menção a minha gratidão a todos docentes do curso de engenharia eléctrica, em especial ao supervisor Abdala Saide Abdurremane que com altruísmo esperou o melhor deste seu orientado.

Por mérito e dedicação, agradeço à minha mãe, pelo apoio e por ter incentivado a ingressar na Instituto Superior Politécnico e universitário de Nacala - ISPUNA, não esquecendo os meus irmãos. Congratulo também aos meus grandes amigos de longa caminhada, entre outros pelo sacrifício e companheirismo.

A todos vão os meus agradecimentos e dizer que conto com ajuda de todos vós, sempre, e em todas as horas.

Lista de ilustrações

Figura 1: Potencial de energia fotovoltaica em Moçambique	14
Figura 2: Sistema fotovoltaico autônomo	17
Figura 3: Materiais necessários para instalação da energia solar fotovoltaica	18
Figura 4: Diagrama de blocos básicos de um no-break	19
Figura 5: Rectificador não controlado, de onda completa	21
Figura 6: Rectificador semi-controlado, RCS e um rectificador totalmente controlado	22
Figura 7: Modelo de inversor de tensão comercial 12/127V	23
Figura 8: Baterias de chumbo-ácido	25
Figure 9: Representação de um diodo de potência	27
Figura 10: Sistema solar no-break	32
Figura 11: Diagrama de blocos do no-break PDV 2200S - MAX alterado	35
Figura 12: Diagrama de blocos do arranjo	38
Figure 13: Esquema das ligações do ensaio	38
Figura 14: Vista lateral das ligações do ensaio	39
Figura 15: Esquema eléctrico das ligações	39
Figura 16: Forma de onda na saída do no-break	41
Figura 17: Forma de onda na saída do no-break ligado	41
Figura 18: Forma de onda na saída do no-break	42
Figura 19: Funcionamento do no-break ligado à rede	43
Figura 20: Funcionamento do no-break desligado da rede	44
Figure 21: No-break operando com fornecimento da rede	44
Figura 22: No-break operando sem fornecimento da rede	45
Tabela 1: Especificações do no-break NHS PDV 2200S - MAX	33
Tabela 2: Informações de demanda da carga	34
Tabela 3: Especificações do Sistema fotovoltaico	34
Tabela 4: Especificações do painel BP SOLAREX	37
Table 5: Especificações do no-break Ragtech Save 600	37
Tabela 6: Resumo do ensaio	40
Tabela 7: Valores obtidos no ensaio	43

Lista de abreviaturas

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
EDM	Electricidade de Moçambique
HDN	Hospital Distrital de Nacala
INE	Instituto Nacional de Estatística
KWh	Kilowatts a hora
MW	Megawatts
V	Volts
W	Watts

Índice

Resumo	ii
Abstract	iii
Declaração de Honra	iv
Dedicatória.....	v
Agradecimentos	vi
Lista de ilustrações	vii
Lista de abreviaturas	viii
CAPITULO I: INTRODUÇÃO	10
1.1.Introdução	10
1.1.1.Estrutura do Trabalho	11
1.2.Problema da pesquisa.....	12
1.2.1.Justificativa.....	12
1.3. Objectivos	13
1.3.1 Objectivo geral	13
1.3.2. Objectivos específicos	13
1.4. Hipótese	13
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Potencial de energia solar fotovoltaica em Moçambique	14
2.2. Energia Solar Fotovoltaica	15
2.1.1 Sistema fotovoltaico	16
2.2. Dispositivos do <i>no-break</i>	19
2.2.1. Retificadores.....	20
2.2.2. Inversor	23
2.2.3. Baterias	24
2.2.4. Outros dispositivos:	26
2.2.4.1. Diodos de Potência	26
CAPÍTULO III - METODOLOGIA	28
3.1. Metodologia	28
3.1.1. Quanto a Abordagem do Problema	28
3.1.2. Quanto aos objectivos.....	28

3.1.3 Quanto aos procedimentos técnicos.....	28
3.1.4. Quanto a natureza ou finalidade.....	29
3.2. Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados.....	30
3.2.1. Entrevista.....	30
3.2.2 Observação Sistemática.....	30
3.3. Participantes e Sujeitos da Pesquisa.....	31
3.4. Procedimentos e Estratégias para Análise e Interpretação de Dados.....	31
CAPÍTULO IV: ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS.....	32
4.1. Detalhes do proposta do projecto de no-break.....	32
4.2. Funcionamento do sistema no-break.....	32
4.2.1. Ensaio e Resultados obtidos.....	36
4.2.1.1 Características do <i>no-break</i> utilizado.....	37
4.2.1.2. Execução.....	40
5.1. Conclusões, Recomendações e Limitações.....	46
Bibliografia.....	48
APÊNDICES.....	51

CAPITULO I: INTRODUÇÃO

1.1. Introdução

O presente trabalho, tem como tema: **Sistema de geração de energia solar fotovoltaica como fonte alternativa: um estudo de caso, no hospital distrital de Nacala**, cujo objectivo é a implantação de um sistema de alimentação de energia eléctrica fotovoltaica, de forma a suprir a demanda de energia em caso de uma falha na rede eléctrica da EDM.

A energia gerada pelo sol pode ser considerada como inesgotável, já que o sistema solar existirá ainda por bilhões de anos, pode ser aproveitada tanto na forma de calor quanto na forma de luz. Actualmente, esse uso se apresenta como uma das alternativas mais proeminentes para a geração de energia eléctrica que seja limpa e forneça meios para um desenvolvimento sustentável. Os processos mais usados para o aproveitamento da energia solar são o aquecimento de água e a geração de energia eléctrica fotovoltaica.

De acordo com Thiago (2013) na década de 70, diversos países no mundo iniciaram a implantação de sistemas fotovoltaicos para aplicação em zonas remotas. Eram sistemas fotovoltaicos autônomos que foram aplicados para fornecer energia a postos de saúde em zonas rurais, fazer o bombeamento de água, refrigeração, telecomunicação e levar eletricidade a zonas aonde as redes de distribuição convencionais não chegavam.

Na década de 90, houve um grande crescimento das aplicações dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede eléctrica em alguns países desenvolvidos, estas eram feitas tanto para uso residencial quanto comercial. (Thiago, 2013)

Desta forma, a maioria dos sistemas fotovoltaicos que foram instalados no mundo decorreu de programas governamentais, que foram desenvolvidos especificamente por cada país, de maneira a estimular o uso da energia fotovoltaica. Tais programas se baseiam em incentivos fiscais e financeiros para a população, a fim de estimular o crescimento de sistemas fotovoltaicos. Como consequência, ocorre também, o desenvolvimento de indústrias que fabricam os equipamentos que compõem o arranjo.

Considerando o grande potencial solar energético de Moçambique, a energia solar fotovoltaica tornou-se mais conhecida e ampliou seu mercado econômico e acadêmico.

A reação nuclear predominante no Sol, responsável por sua energia, é a fusão dos núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio. Nessa reação, uma quantidade imensa de energia é liberada à

medida que a matéria é convertida em energia: aproximadamente quatro bilhões de toneladas por segundo.

“A radiação solar global incidente varia em diferentes locais da superfície da Terra. Enquanto uma superfície horizontal no sul da Europa Ocidental (sul da França) recebe em média, por ano, uma radiação de 1600 kWh/m² ou mais e no Norte a energia varia entre 800 e 1200 kWh/m², uma superfície no deserto do Saara recebe 2600 kWh/m² por ano, praticamente o dobro da média europeia.” (Marques C.R.; Krauter C.W.S.; Lima C.L.; 2009 p.45)

O Hospital Distrital de Nacala (HDN), na cidade de Nacala, a necessidade de consumo de energia eléctrica, os cortes inoportunos que as vezes se verifica no sistema de rede da EDM, os altos custos de diesel para gerador e a cultura pelo cuidado do meio ambiente, são factores e reflectem seus impactos em tempos onde a tecnologia avança de forma rápida e em grande volume.

Este facto justifica a exploração de meios alternativos de suprir estas necessidades, portanto abre-se a oportunidade de ser realizado um estudo de viabilidade econômica para implantação de um sistema fotovoltaico.

Neste contexto, surgiu a ideia de aproveitar o recurso solar que é abundante no território moçambicano, especificamente no distrito de Nacala e utilizá-lo em uma fonte de suprimento ininterrupto, e assim resolver os problemas de cortes inoportunos de energia eléctrica da rede da EDM.

Para tanto, foi escolhido como estudo de caso o suprimento de energia da iluminação do Hospital Distrital de Nacala, localizada no distrito de Nacala, Província de Nampula, com a finalidade de promover mais segurança e confiabilidade, frente às eventuais faltas de energia de âmbito local e geral.

1.1.1. Estrutura do Trabalho

Quanto a estrutura, o presente trabalho foi dividido em cinco capítulos. O primeiro contempla a introdução, problema de pesquisa, a justificativa, os objectivos, a hipótese da pesquisa, onde é definido o que se pretende pesquisar, quais os resultados que pode se obter, aonde quer chegar, qual a importância da pesquisa.

O segundo capítulo engloba a fundamentação teórica, onde são explanados os conceitos teóricos necessários para o desenvolvimento do trabalho, uma revisão teórica dos principais conceitos referentes ao assunto abordado. O terceiro é apresentado a metodologia da pesquisa, explicitando

o conceito de metodologia, o tipo de pesquisa, a fonte, os participantes, como foi a colecta dos dados e a análise para o desenvolvimento do trabalho proposto.

O quarto capítulo detalha o projecto da implantação do sistema fotovoltaico no HDN, descreve as modificações feitas no no-break, e a autonomia do sistema e apresenta os resultados do ensaio realizado e considerações finais

E por fim, a conclusão, onde são feitas as considerações finais.

1.2. Problema da pesquisa

Assim definimos o seguinte problema de pesquisa:

Que benefícios econômicos e sociais traria a implantação de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica no hospital Distrital de Nacala, no distrito de Nacala?

1.2.1. Justificativa

Moçambique possui grandes espaços territoriais, além de uma matriz energética provida, em sua grande maioria, por barragens hidroelétricas, que se localizam a quilômetros de distância dos grandes centros urbanos e industriais.

No entanto, o sistema eléctrico apresenta a ocorrência de diversas falhas anualmente, devido a essas falhas que ocorrem, o sistema eléctrico necessita de sistemas de emergências que possam actuar de maneira a suprir energia demandada na ocorrência desses problemas e proteger equipamentos de eventuais danos.

Quando se pensa no impacto da falta de energia em hospitais o uso de sistemas de emergências se torna ainda mais necessário, pelo facto dessas cargas serem extremamente críticas. A utilização de energia solar fotovoltaica como fonte de energia de sistemas de backup faz bastante sentido por ser abundante e limpa.

Geradores a diesel ou gasolina, além de ser extremamente poluentes, ainda trazem o incomodo dos altos ruídos produzidos, sendo assim, não apropriados para uso residencial e hospitais por exemplo. Geradores eólicos também geram ruídos e precisam de grandes áreas para sua instalação, o que os tornam pouco indicados para tal aplicação.

Nesse cenário, o uso da energia solar fotovoltaica surge como ideal por ser: não poluente, compacta e ter baixo custo de manutenção. Assim, a ampliação da confiabilidade, o fornecimento de energia livre de distúrbios e conseqüentemente a maior segurança no

fornecimento contínuo de energia, através do uso de energia solar fotovoltaica de modo a compensar interrupções no fornecimento de energia pela rede convencional, e utilizá-la para iluminação interna, se tornam a justificativa desse projecto.

O presente trabalho visa contribuir nesse tema, propondo um sistema no qual são utilizados sistemas fotovoltaicos no Hospital Distrital de Nacala (HDN), exemplificando tanto para outros projectos de âmbitos maiores, para outros países, o grande potencial da energia solar.

1.3. Objectivos

1.3.1 Objectivo geral

O objectivo geral deste trabalho é modelar um projecto para implantação de um sistema de alimentação de energia eléctrica fotovoltaica no HDN, de forma a suprir a demanda de energia em caso de uma falha na rede eléctrica da EDM.

1.3.2. Objectivos específicos

- ✓ Propor uma alternativa ao aproveitamento da energia solar fotovoltaica, para uso em ambientes internos.
- ✓ Aumentar o nível de segurança e confiabilidade do sistema eléctrico através do uso do dispositivo de backup.
- ✓ Revisão conceitos básicos de eletrônica de potência e dos componentes que integram o sistema no-break, para a nova aplicação.

1.4. Hipótese

Se implantar um sistema de energia de alimentação de energia eléctrica fotovoltaica no HDN, então haverá benefícios económicos e sociais em caso de cortes na rede nacional da EDM.

CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, abordar-se-á as várias definições de conceitos relativos a temática de sistema de energia solar fotovoltaica. Onde se verificara o pensamento crítico dos subtemas que afiguram o estudo de campo, desde o conceito do energia solar fotovoltaica, sistema fotovoltaico autônomo e materiais necessários para instalação de um sistema fotovoltaico, como se pode ver em diante.

2.1. Potencial de energia solar fotovoltaica em Moçambique

A energia solar foi a fonte de eletricidade que mais cresceu em Moçambique nos últimos anos (2017-2021), de acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE). Ainda assim, a energia obtida com os painéis solares representa menos de 1% da electricidade produzida no país, que continua a estar centrada na barragem de Cahora Bassa - responsável por 83%.

A central solar de Metoro, a maior do país, foi inaugurada em abril de 2022, com 125.000 painéis fabricados na China, uma capacidade de 41 megawatts (MW) e capaz de injectar até 69 gigawatts por ano na rede da Eletricidade de Moçambique (EDM).

Moçambique tem um recurso solar abundante e inexplorado que poderia ser aproveitado à escala de utilidades, bem como fotovoltaico residencial para a electrificação da rede, tanto dentro como fora da rede. O mapa seguinte mostra o perfil global de irradiação horizontal de Moçambique que varia entre 1.785 e 2.206 kWh/m²/ano.

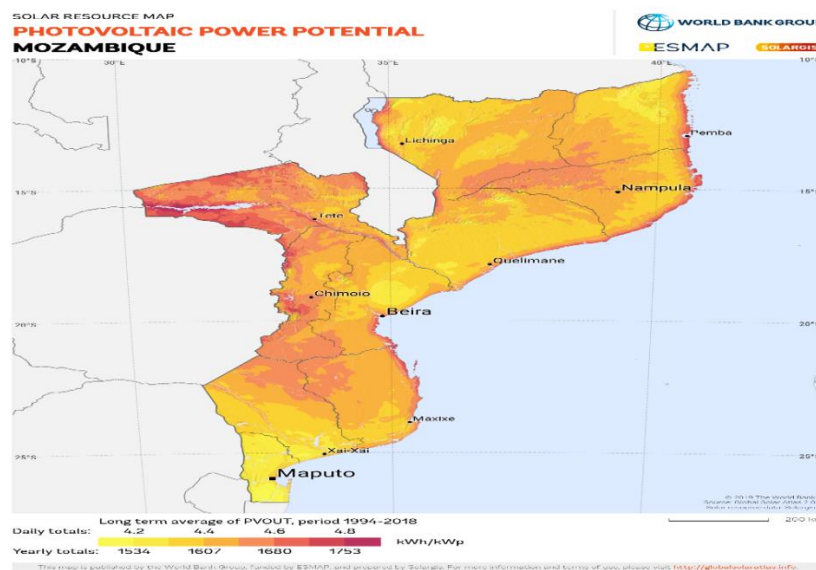


Figura 1: Potencial de energia fotovoltaica em Moçambique

Fonte: Relatório do Banco Mundial, 2021

O mapa do potencial de energia fotovoltaica desenvolvido pelo Banco Mundial mostra o potencial para projectos de energia fotovoltaica em Moçambique numa escala de produção total anual específica de energia fotovoltaica de 1.534 a 1.753 kWh/kWp. As zonas marcadas na sombra mais escura mostram o potencial mais elevado.

Porém, o mercado da energia solar tem apresentado melhorias significativas quanto a seu custo, confiabilidade e rendimento, portanto, actualmente os sistemas conectados directamente à rede, trouxeram um novo conceito a utilização da energia fotovoltaica, reduzindo custos importantes, mostrando-se interessante para algumas aplicações como a geração distribuída, já que compete com as altas tarifas cobradas pelas EDM.

O Hospital Distrital de Nacala, na cidade de Nacala, a necessidade de consumo de energia eléctrica, os cortes inoportunos que as vezes se verifica no sistema de rede da EDM, os altos custos de diesel para gerador e a cultura pelo cuidado do meio ambiente, são factores e reflectem seus impactos em tempos onde a tecnologia avança de forma rápida e em grande volume.

Este facto justifica a exploração de meios alternativos de suprir estas necessidades, portanto abre-se a oportunidade de ser realizado um estudo de viabilidade económica para implantação de um sistema fotovoltaico.

Neste contexto, surgiu a ideia de aproveitar o recurso solar que é abundante no território moçambicano, especificamente no distrito de Nacala e utilizá-lo em uma fonte de suprimento ininterrupto, e assim resolver os problemas de cortes inoportunos de energia eléctrica da rede da EDM.

Para tanto, foi escolhido como estudo de caso o suprimento de energia da iluminação do Hospital Distrital de Nacala, localizada no distrito de Nacala, Província de Nampula, com a finalidade de promover mais segurança e confiabilidade, frente às eventuais faltas de energia de âmbito local e geral.

2.2. Energia Solar Fotovoltaica

A energia fotovoltaica, podemos identificar como uma tecnologia modular, montada a partir de estruturas metálicas e painéis pré-moldados, trata-se de um meio de geração de energia eléctrica com ausência quase integral da emissão de poluentes e ruídos durante a utilização desse meio de geração.

De acordo com Jardim (2017) pode-se definir a energia fotovoltaica como a utilização das ondas eletromagnéticas que são captadas por placas solares que são montadas a partir de um conjunto de células solares, que por sua vez são formadas por materiais que devido às suas propriedades físicas ajudam a promover o efeito fotovoltaico.

Usualmente, sendo conhecido por arranjo fotovoltaico, essa energia é constituída por módulos, onde ao longo de sua estrutura comportam células fotovoltaicas que são as principais responsáveis por converter a radiação solar em electricidade. Ao longo dos anos, mais especificamente a partir da década de 70, temos actualmente uma grande utilização para esse meio de energia alternativa, podendo ser utilizada tanto em áreas urbanas quanto rurais, complementando ou substituindo fontes convencionais (Solarinovare, 2016).

Apesar da grande procura por esse meio de energia renovável, embora em declínio seu alto custo, ainda é um grande fator para se pensar com relação a sua viabilidade, já que devido ao seu valor elevado, acaba dificultando a comprovação do seu retorno financeiro.

Em alguns países estrangeiros, o incentivo para o uso dessa fonte de energia é um factor predominante, mas em Moçambique, o governo até tem tentado o incentivo para regiões mais isoladas, mas sem sucesso. Por se tratar de uma tecnologia em tendência actualmente, sua grande procura e produção em grande escala fará com que seu valor seja mais acessível a qualquer consumidor.

2.1.1 Sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é basicamente composto pelo arranjo de módulos, baterias que armazenam a energia gerada pelos módulos, inversores, controlador de carga e seguidor do ponto de máxima potência (MPPT). Esses últimos são os dispositivos mais importantes, responsáveis por controlar a energia enviada às baterias e as respectivas cargas.

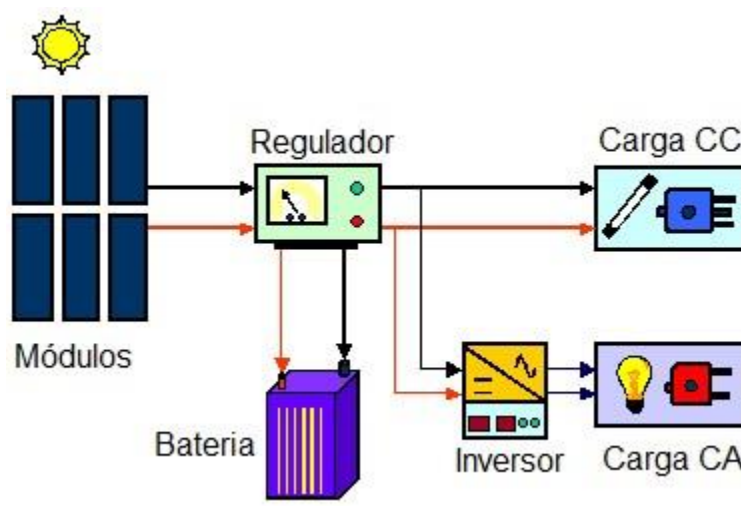


Figura 2: Sistema fotovoltaico autônomo

Fonte: Thiago (2013)

Os componentes do sistema fotovoltaico podem ser descritos como (Renove Engenharia (2018):

- a) Os módulos solares são responsáveis pela geração fotovoltaica, convertendo a luz do sol em energia elétrica (CC - Corrente Contínua), os painéis são conectados entre si e enviam toda energia elétrica gerada para o Inversor Solar, pois a conversão do recebimento da radiação solar em energia elétrica é efetuada através das células o que ocasiona em produção de corrente elétrica;
- b) Inversores: toda energia elétrica gerada pelos painéis solares está em corrente contínua (CC) e para poder ser utilizada por qualquer equipamento elétrico, deve antes ser convertida em corrente alternada (CA), este é o papel do Inversor Solar;
- c) Quadro de luz: após a conversão feita pelo inversor solar, toda energia elétrica é enviada para o quadro de luz e distribuída para o uso; uma vez convertida, a energia está pronta para uso por qualquer equipamento elétrico e pode ser usada para chuveiros, ferro de passar, computadores, lâmpadas, TV, aparelhos de som, máquina de lavar, etc.; Medidor bi-direcional:
- d) A energia que for gerada e não for utilizada, será injetada na rede da distribuidora através do relógio bi-direcional; na ausência do sol, o sistema deixa de gerar energia elétrica, e então, é feito o uso da energia da distribuidora normalmente.



Figura 3: Materiais necessários para instalação da energia solar fotovoltaica

Fonte: (Illumisol, 2019)

O sistema fotovoltaico tem como objectivo fornecer ganhos, fazendo com que essas acções económicas e ambientais tenham o impacto correcto dentro e fora do ambiente de gestão pública, trazendo assim uma concepção melhor sobre a tecnologia fotovoltaica tanto para seus colaboradores quanto usuários, e, usando essas acções estrategicamente para agregar valor à gestão administrativa, fazendo do impacto ambiental mensurador da viabilidade da aplicação da tecnologia fotovoltaica e mostrando para as municipalidades que tenham interesse por esse sistema uma óptima opção para redução de custos energéticos, com um impacto positivo social e económico para a gestão pública.

2.2. Dispositivos do *no-break*

Um *no-break* é um equipamento que em caso de queda ou perda parcial no fornecimento de energia, garante o funcionamento de equipamentos ligados a ele, de forma a alimentar esses equipamentos. Ele é constituído de três dispositivos principais que operam de forma independente e formam o sistema ininterrupto de potência. Esses dispositivos são: retificador (conversor CA-CC), inversor (conversor CC-CA) e chave estática.

Sua operação se dá através de alimentação de duas fontes, a rede principal, na entrada do retificador, e a rede reserva na entrada do inversor. Uma bateria ou banco de baterias, ligadas ao inversor, são capazes de suprir de forma imediata a demanda por energia no caso de interrupção no fornecimento pela rede elétrica, por um tempo específico. A dimensão do banco de baterias é o que determina o tempo máximo de duração do fornecimento de energia pelo *no-break*, em caso de falta de energia na rede. Quanto maior o banco de baterias (capacidade em Ampères/horas) maior esse tempo.

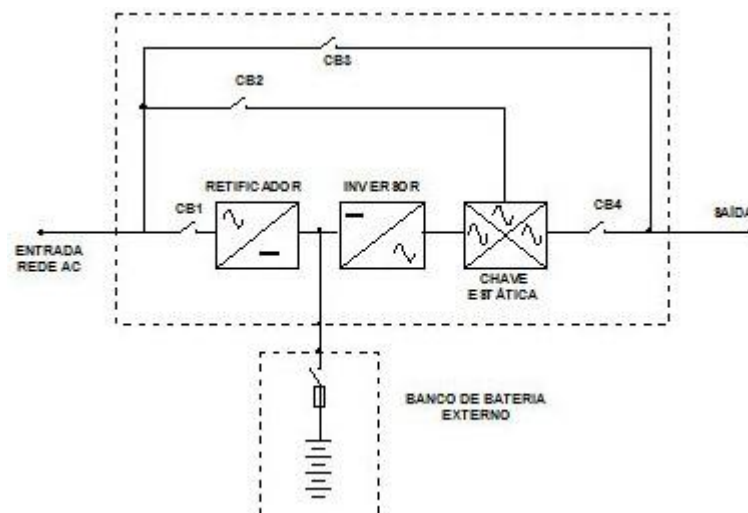


Figura 4: Diagrama de blocos básicos de um no-break

Fonte: Thiago (2013)

Um diagrama em blocos de um *no-break* genérico está representado na Figura 3. Ligado à entrada da tensão alternada está um retificador, este dispositivo é usado para retificar a tensão de rede fornecendo tensão contínua ao inversor e para carregar a bateria ou banco de baterias. A tensão contínua que sai do retificador ou das baterias é convertida pelo inversor em tensão alternada para alimentar, de forma contínua, as cargas em qualquer condição. A chave estática tem a

função de conectar a carga à saída do inversor ou a rede auxiliar. Paralelamente a esses dispositivos está o *by-pass* estático, CB2 e CB3, que é uma chave estática que atua sem tempo de interrupção e comuta para a rede alternativa em caso de ocorrer alguma falha do inversor ou mesmo uma sobrecarga do sistema. Em série existem dois *by-pass* manuais, CB1 e CB4, (chave manual), esses dispositivos são utilizados para efetuar a transferência para a rede alternativa, em casos de manutenção preventiva, sem que haja interrupção no suprimento de energia às cargas críticas.

A seguir será mais bem detalhado cada um dos dispositivos que compõem um *no-break* comercial.

2.2.1. Retificadores

Os retificadores, também chamados de conversores CA-CC, são elementos responsáveis por converter tensão e corrente alternadas em contínua.

A energia eléctrica é fornecida pela rede em corrente alternada, porém nem todos os equipamentos eléctricos demandam uma tensão alternada. Para cargas que utilizam tensão contínua, os retificadores atuam de maneira a efetuar essa conversão CA-CC.

A classificação dos retificadores é dada pela sua capacidade de ajustar a tensão de saída, podendo ser controlados ou não controlados; pelo número de fases da tensão alternada na sua saída (monofásico, trifásico, etc.) e quanto à forma de conexão dos elementos retificadores, meia ponte ou ponte completa.

A diferença básica entre os retificadores controlados e os não controlados está na sua construção, uma vez que, os retificadores controlados utilizam tiristores ou transistores como elementos de retificação, já os não controlados utilizam diodos para esta função.

Topologias em ponte completa são aplicadas devido ao fato de absorverem da rede uma corrente de valor médio nulo, desta forma, não afeta elementos como indutores e transformadores que seriam levados a saturação caso fossem expostos a um nível contínuo de tensão e corrente. Esse comportamento não é verificado nos retificadores de meia ponte, por esse motivo, é evitado o uso dos mesmos.

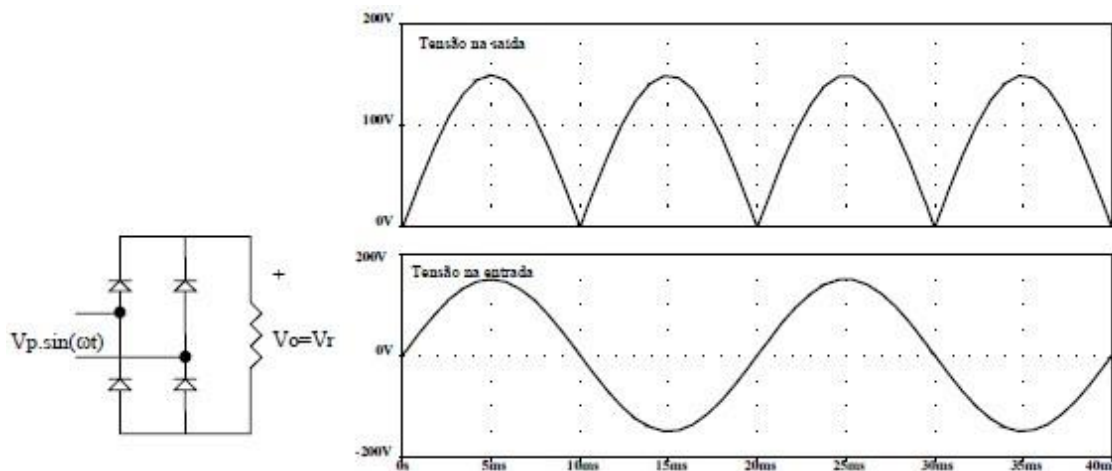


Figura 5: Retificador não controlado, de onda completa

Fonte: (Ilumisol, 2019)

Retificadores não controláveis se caracterizam por não possuírem interruptores controláveis, o que torna impossível o controle de tensão de saída. Existem três tipos de cargas para um retificador não controlado. São elas, resistiva, capacitiva e indutiva. (Thiago, 2013)

O tipo de carga afeta o formato da onda da tensão e da corrente na saída do retificador. Para cargas resistivas, a forma de onda tanto na saída do retificador quanto na carga é idêntica, isso acontece para ondas de tensão e corrente.

A carga capacitiva causa uma elevação no valor médio da tensão de saída em relação à carga resistiva. Seu funcionamento é simples, o capacitor é carregado com a tensão de pico da entrada, não considerado a queda nos diodos, quando a tensão no capacitor se torna maior que a tensão de entrada, os diodos ficam bloqueados e a corrente de saída passa a ser fornecida somente pelo capacitor. Assim, o capacitor começa a se descarregar até sua tensão se tornar menor que a tensão de entrada, reiniciando-se o ciclo.

Para a carga indutiva, a carga se comporta de forma semelhante a uma fonte de corrente. Como resultado, para valores pequenos de indutância o formato da corrente fica dependente do tipo de componente conectado posteriormente à carga. Caso este componente seja um capacitor, a onda tenderá à forma de pulso, porém apresentando uma taxa de variação reduzida.

Retificadores trifásicos são usados em situações que envolvem potências elevadas, neles a corrente é distribuída em três fases de forma a evitar desequilíbrios na rede.

Os retificadores controlados possuem vasta aplicação na indústria, sendo utilizada para o acionamento de motores de corrente contínua, fornos a arco CC, aparelhos de solda e corte etc.

Para os retificadores controlados, existem duas topologias: pontes retificadoras semi-controladas e totalmente controladas. As pontes semi-controladas utilizam dois tiristores e são utilizadas quando o fluxo de energia se dá em apenas um sentido, fonte para a carga. Em circuitos desse tipo, a tensão de saída assume apenas valores positivos. Em casos que a tensão de saída tende a inverter, existe um caminho interno que desconecta a carga da rede e mantém a tensão com valor zero.

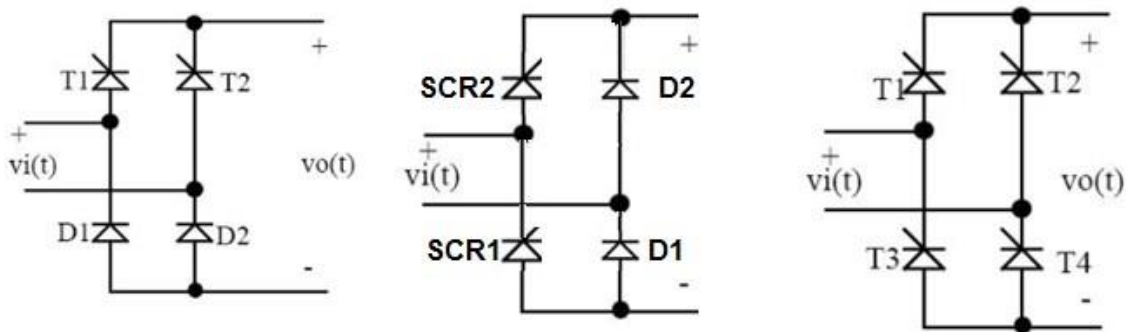


Figura 6: Rectificador semi-controlado, RCS e um rectificador totalmente controlado

Fonte: (Ilumisol, 2019)

Pontes totalmente controladas são usadas no acionamento de motor de corrente contínua, em que não pode ocorrer inversão da polaridade da corrente. A tensão sobre a carga só pode ser negativa se houver um elemento indutivo que garanta a circulação da corrente pelos tiristores, ainda que reversamente polarizados. A energia acumulada na indutância de armadura é retornada a fonte a cada ciclo.

Para melhoria do fator de potência de retificadores não-controlados existem algumas possibilidades de circuitos. As soluções mais empregadas são: passivas ou ativas.

As soluções passivas para correção do fator de potência podem ser feitas através da colocação de um filtro capacitivo na saída do retificador (sem capacitor), o que melhora o fator de potência através da absorção da corrente quadrada da rede.

As soluções ativas são os pré-reguladores de fator de potência, que empregam interruptores controlados associados a elementos passivos. Exemplos são: o conversor suga e o conversor elevador de tensão (*boost*) como pré-regulador de fator de potência (PFP).

Nos no-breaks o retificador tem a função de manter as baterias carregadas e gerar a tensão contínua que alimenta o inversor. As baterias são carregadas de forma correta caso a tensão que sai do retificador seja um pouco maior que a tensão nominal da bateria. Caso a tensão seja muito maior pode produzir corrente elevadas, ocasionando eletrólise, e no caso de tensões menores que a da bateria a recarga da mesma não ocorre de forma adequada.

2.2.2. Inversor

De acordo com Weber (2019) os inversores são circuitos estáticos que atuam de forma a converter a corrente contínua em alternada com uma frequência de saída especificada. Eles são classificados em dois tipos: inversores de tensão e inversores de corrente.

Inversores de tensão podem produzir tensão controlada com variação de frequência, gerada a partir de uma fonte de tensão contínua. Eles devem dissipar o mínimo de potência possível, de modo a evitar perdas. Deve gerar uma tensão com poucos harmônicos e em sincronismo com a rede.



Figura 7: Modelo de inversor de tensão comercial 12/127V

Fonte: (Weber, 2019)

Nos inversores são usados transistores de potência, retificadores controlados de silício (RCS's) e IGBT's como chaves semicondutoras. Esse mecanismo de chaveamento é responsável por alterar o fluxo de corrente entre as direções positivas e negativas.

Inversores de corrente são inversores a tiristores empregados como filtros ativos, controlados através do monitoramento da corrente da rede. Produzem uma corrente controlada com variação de frequência, que é gerada a partir de uma fonte de corrente contínua. A sua estrutura é

semelhante à de um retificador controlado, apenas a alteração é sobre o controle do ângulo de disparo.

Algumas das aplicações dos inversores além das fontes de alimentação ininterruptas são: acionamentos de corrente alternada de velocidade variável, fonte de tensão e frequência controlada, compensação de reativos e fornos de indução.

Outra maneira de classificar os inversores é quanto ao tipo de comutação. Existem os inversores comutados pela rede, em que, o processo de inversão é controlado pela tensão da rede elétrica. E o segundo tipo é o de comutação forçada ou auto comutado, neste é o inversor que realiza o controle da comutação.

Os diferentes métodos de conversão dos inversores são responsáveis por gerar diferentes tipos de formas de onda, as mais comuns são: quadrada, quadrada modificada (retangular), senoidal e PWM. A forma de onda de saída é um indicador da qualidade e custo do inversor. Harmônicos são gerados no processo de conversão, para isso são usados filtros para suavizá-los.

2.2.3. Baterias

A bateria é um importante componente do *no-break*, pois é através dela que a energia é armazenada para uso posterior. Elas são usadas também em sistemas fotovoltaicos, atuando de forma a fornecer energia ao sistema em casos que os painéis não conseguem produzir energia suficiente para atender o sistema, isto ocorre em dias nublados, chuvosos, ou mesmo durante a noite.

As baterias podem ser classificadas quanto ao tipo de célula que a compõe, células primárias ou secundárias. As células primárias compõem as baterias não recarregáveis, estas podem ser usadas apenas uma vez. A vida útil desse tipo de bateria acaba quando as células primárias se descarregam completamente. Elas são usadas como fontes de baixa potência, típicas de aparelhos domésticos.

As células secundárias compõem as baterias recarregáveis que são as baterias utilizadas em sistemas fotovoltaicos e *no-breaks*. Quando ligadas a uma fonte de tensão elas podem ser carregadas diversas vezes.

Existem ainda diversos tipos de tecnologias de construção de baterias, que empregam uma diversidade de materiais em sua composição. As mais utilizadas em sistemas fotovoltaicos são as

de níquel-cádmio e a de chumbo-ácido, que podem ser seladas ou abertas. As baterias de níquel-cádmio apesar de apresentar maior eficiência, possuem custo maior.

As baterias de chumbo-ácido se aplicam na quase totalidade dos sistemas fotovoltaicos. Dentro dessa categoria, as de chumbo-antimônio, chumbo-cálcio e chumbo-selênio são as mais utilizadas.



Figura 8: Baterias de chumbo-ácido

Fonte: (Weber, 2019)

A unidade básica de construção de uma bateria é uma célula de dois Volts. A tensão real dentro da bateria depende do seu estado de carga, isto é, se ela está a carregar, descarregar ou em circuito aberto. A tensão geralmente varia entre 1,75 V e 2,5 V, sendo 2 V a tensão média, que comumente é chamada de tensão nominal da célula. Tensões maiores são obtidas através da ligação de células em série. No caso de ligação em paralelo ocorrerá o aumento da corrente fornecida, mantendo assim, a tensão constante. É importante que somente baterias de tensão e capacidade iguais sejam ligadas em paralelo.

A capacidade de armazenagem de energia da bateria é medida em Ah à tensão nominal, ela depende da velocidade de descarga. A capacidade nominal que a caracteriza equivale a um tempo de descarga de 20 horas (C20). Quanto maior for o tempo de descarga da bateria, maior será a quantidade de energia que ela poderá fornecer. Em sistemas fotovoltaicos, o tempo típico de descarga das baterias é de 100 horas.

Outra característica importante das baterias é seu ciclo de vida, que é o número de vezes em que a bateria pode ser descarregada e recarregada em profundidade, antes que sua vida útil seja esgotada.

Dentro da família de baterias de chumbo-ácido, as conhecidas como estacionárias de baixo conteúdo de antimônio são excelentes para utilização em sistemas fotovoltaicos por possuir vida útil de aproximadamente 2500 ciclos, desde que a profundidade de descarga seja de até 20%. Isto é, que a carga da bateria esteja em 80% da sua carga total. Para casos de profundidade de descarga de 50% sua vida útil cai para 1200 ciclos. Desta maneira, a característica de profundidade de descarga da bateria deve ser escolhida de acordo com a sua aplicação. Para sistemas de *no-break*, em que as interrupções no fornecimento são curtas, recomenda-se o uso de baterias com maior profundidade de descarga. Uma vez que, a bateria sofrerá descarga profunda poucas vezes.

Baterias estacionárias possuem baixa auto-descarga, 3% mensal contra 20% de uma bateria chumbo-ácido tradicional, além de manutenção reduzida. Outras baterias com características semelhantes são as de chumbo-cálcio e chumbo-selênio, que possuem também baixa resistência interna e pouca gaseificação.

2.2.4. Outros dispositivos:

Outros dispositivos que também compõem os *no-breaks* são diodos e transistores de potência e conversores CC-CC. A seguir será feita uma breve descrição de suas finalidades, características e aplicações.

2.2.4.1. Diodos de Potência

Diodos de potência são usados principalmente em retificadores não-controlados, de forma a efetuar a conversão de corrente alternada para contínua e como diodo de retorno. O seu objetivo é fornecer uma passagem de fluxo de corrente em cargas indutivas, com uma capacidade elevada de potência. Assim, como os diodos de junção PN, permitem a passagem de corrente em um único sentido. A característica que diferencia os diodos de potência dos diodos de junção PN, é que no primeiro existe uma região n intermediária, com dopagem baixa. Essa região permite ao componente suportar tensões maiores que o segundo.

Para a fabricação dos diodos de potência utiliza-se silício. O silício é utilizado devido a sua característica que torna possível operar com maiores correntes e temperaturas de junção mais altas. Outro fator relevante é que o silício apresenta uma resistência maior à tensão reversa.

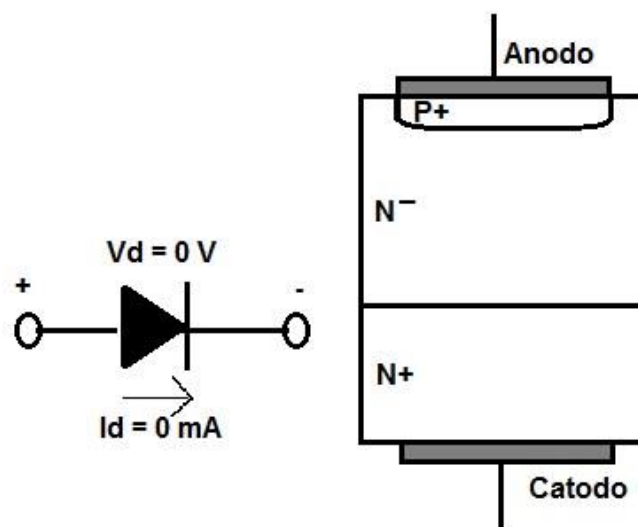


Figure 9: Representação de um diodo de potência

Fonte: (Weber, 2019)

CAPÍTULO III - METODOLOGIA

3.1. Metodologia

A metodologia é uma das etapas que integra o planejamento de uma pesquisa científica. Ela consiste na indicação dos métodos a serem utilizados na pesquisa, na definição do tipo de pesquisa, dos instrumentos de coleta de dados, do universo da população, da amostra e a forma como foram triangulados os dados do campo de pesquisa.

Desta forma, ela estará ligada a um conjunto de procedimentos sistemáticos que visará a descrição e explicação da abordagem em estudo (Gil, 2007).

3.1.1. Quanto a Abordagem do Problema

A pesquisa quanto a abordagem do problema pretendido é qualitativa. Neste âmbito, o pesquisador aprofundará a realidade específica das paragens observadas na instituição em estudo, através da lógica de análise qualitativo.

Pois, defende (Lakatos e Markoni, 2001) a pesquisa qualitativa é caracterizada como sendo uma tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais, apresentadas pelos entrevistados em meio de produção de medidas qualitativas em características comportamentais

3.1.2. Quanto aos objectivos

Trata-se de uma pesquisa explicativa, pois visa compreender as causas e efeitos de determinado fenômeno (Gil, 2007).

Ainda de acordo com Gil (2019) as pesquisas explicativas envolvem propósitos de exploração, descrição, correlação ou associação, além de proporcionarem um sentido de entendimento do fenômeno a que fazem referência.

3.1.3 Quanto aos procedimentos técnicos

Quanto aos seus procedimentos, consiste em uma pesquisa bibliográfica e seguida de Estudo de Caso, que cingir-se-á em método de análise e síntese.

Conforme versa Sá-Silva (2009), a pesquisa bibliográfica visa descobrir qual é a melhor metodologia a ser utilizada para produzir o trabalho.

A pesquisa bibliográfica, pautará pela seleção e elaboração do conteúdo a partir das matérias já existentes e publicados (como é o caso dos livros, artigos científicos, jornais e demais literaturas existentes e de acesso), mediante as consultas bibliográficas disponíveis pelos autores credenciados cientificamente, sustenta (Teixeira, 2010).

De seguida, em Estudo de Caso, ou simplesmente a pesquisa do campo que terá como finalidade, recolher dados ou informações usando técnicas apropriadas como (inquérito por entrevista e a observação sistemática dos acontecimentos), para obtenção dos resultados pretendidos.

A pesquisa por estudo de caso, envolverá estudo profundo e exaustivo que levou o pesquisador a se deslocar para o Hospital Distrital de Nacala, que sita no bairro de Mathapué, cidade de Nacala-Porto, onde se interagiu com os funcionários, técnicos da área de energia eléctrica e os responsáveis da direcção máxima do Hospital, de maneira que se tenha o conhecimento objectivo do tema em estudo.

Assim sendo, para a concretização da pesquisa por estudo de caso, as técnicas basear-se-ão por uma entrevista e observação sistemática, para colher e captação as opiniões, ideias, factos, acontecimentos e sensibilidades que ocorrem na realidade da empresa em referência, da cidade de Nacala-Porto.

Foi escolhido para o projecto de implantação o sistema fotovoltaico denominado no-break isolado, que segundo Silva (2016) é um sistema que prioriza o uso de energia solar, economizando na conta de luz, enquanto mantém o backup das baterias como segurança adicional para quedas de energia. Este sistema funcionará quando faltar energia na rede nacional da EDM, então capta a energia do sol através dos painéis solares e manté-se o consumo da energia eléctrica funcionando juntamente com um banco de baterias.

3.1.4. Quanto a natureza ou finalidade

Para a realização do trabalho, será alinhada uma pesquisa de natureza Aplicada. Nesta tipologia de pesquisa, o pesquisador buscará uma investigação científica voltada a solução do problema referente a frequentes cortes do sistema de alimentação de energia eléctrica da rede nacional da EDM, que é um facto concreto e conhecido ao nível do Hospital em estudo, da cidade de Nacala-Porto.

A pesquisa aplicada nesta investigação, auxiliou o autor, não só aprofundar a análise no mundo científico, mas também para encontrar alguma forma de usar este conhecimento na prática, intervindo desta forma no mundo real do problema que apoquento tanto o Hospital assim como aos utentes e funcionários em actividades rotineiras do mesmo.

3.2. Técnicas e Instrumentos de Colecta de Dados

Constituem técnicas de coleta de dados para consubstanciar com consulta bibliográfica: a entrevista e observação sistemática.

Conforme (Gil, 2007), as técnicas de colecta de dados são um conjunto de processos operativos simples, que permitem pesquisar ou investigar um fenómeno/problema decorrente e, o método ao modo de seleção das técnicas de pesquisa adequadas ao trabalho que se pretende produzir ao controlo do seu decurso no campo de estudo e integração dos resultados obtidos.

Portanto, com estas duas técnicas será possível colher e obter diversas informações e opiniões essenciais a cerca das frequentes cortes do sistema de de energia da rede nacional da EDM do Hospital em estudo, que permitirá de maneira suficientemente subtil, orientar os entrevistados, no sentido de não se desviarem do assunto ou problema ao longo do processo.

3.2.1. Entrevista

O autor optou pela entrevista, devido a natureza de pesquisa que se efectivou. Nesta toda, a entrevista será uma técnica que o pesquisador se apresentou enfrente aos entrevistados e lhe formulou perguntas com intuito de obter informações ou dados que interessam a investigação do sistema de alimentação de energia eléctrica de rede nacional da EDM do Hospital em alusão.

3.2.2 Observação Sistemática

No processo de coleta de dados ou informações, através de técnicas de observação sistemática, também designada de observação directa, o autor fez uma observação participativa ou directa com um bloco de notas, um lápis e uma esferográfica para registar todas a informação e opiniões presenciadas e achadas conveniente no campo para o estudo.

Para auxiliar a observação, o autor iniciou a revisão bibliográfica de diversos autores que abordam o tema, representando esta revisão como dados secundários, composta de livros, sites

da internet, teses, artigos periódicos pertinentes ao tema em investigação e, dados apresentados pelos colaboradores responsáveis do Hospital Distrital de Nacala, na cidade de Nacala-Porto.

3.3. Participantes e Sujeitos da Pesquisa

Na pesquisa fizeram parte, alguns colaboradores do corpo técnico e os responsáveis da área de património do Hospital Distrital de Nacala da cidade de Nacala-Porto.

E, para facilitar o processo de triangulamento na análise e interpretação dos dados, como apoia (Zanella, 2013), foram participantes da pesquisa 4 pessoas dos quais 2 técnicos de manutenção e 2 responsáveis da alta direção, ambos considerados de sujeitos amostrais da pesquisa.

3.4. Procedimentos e Estratégias para Análise e Interpretação de Dados

Como proposta de solução para suprir a demanda quando faltar energia da rede eléctrica da EDM no HDN, foi desenhado um projecto de energia solar fotovoltaico usando o sistema no-break que foi testado em laboratório, e os procedimentos são descritos no capítulo IV.

Como procedimentos e estratégias com vista a obtenção dos objetivos da pesquisa, frente aos dados colectados no campo de estudo, o autor fez de princípio o agrupamento dos dados, para que sejam trabalhados em um computador, nos pacotes de MicroOffice Word e Excel, e SPSS (Statistical Package for Social Science) de forma a facilitar a sua análise e triangulação dos mesmo.

O tratamento dos dados nesta pesquisa, foi a etapa que exigiu muita atenção e tempo pela parte do pesquisador.

CAPÍTULO IV: ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

4.1. Detalhes da proposta do projecto no-break

De acordo com os entrevistados, apuramos o seguinte:

- O HDN sofre em média 200 minutos de cortes inesperadas por mês da energia eléctrica da rede nacional da EDM;
- A quantidade média mensal de diesel para abastecimento do grupo gerador, depois de um corte no HDN é de 150 litros;
- O consumo médio diário de energia da rede da EDM no HDN é de 1000Kw na razão de 50Kw a hora, e o custo de cada Kwh é de 4,78 mts.

Os resultados da entrevista serviu para apurar a existência de cortes no HDN e a necessidade de existência de uma fonte alternativa barata, menos poluente e não barulhenta.

4.2. Funcionamento do sistema no-break

Optamos pelo sistema fotovoltaico no-break pelo facto de ser um dos mais baratos no mercado, de pouca manutenção, com o custo de todo equipamento avaliado em cerca de 700.000,00 Mts. De acordo com Weber (2019) este é um sistema solar de geração de energia que é recomendável em locais de suporte a vida ou ainda onde a energia é fornecida de forma ininterrupta como clinicas, hospitais, bancos...

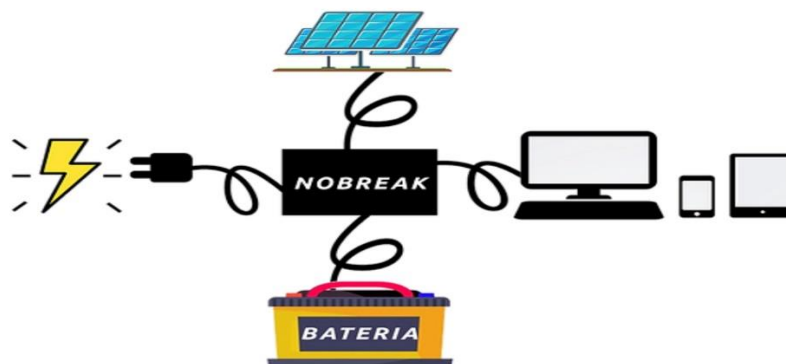


Figura 10: Sistema solar no-break

Fonte: (Thiago, 2013)

Será utilizado um *no-break* do modelo PDV 2200S – MAX do fabricante NHS, encontrado facilmente no mercado. Este modelo usa a tecnologia *line-interactive*. A escolha se deu pelo simples facto deste modelo específico estar disponível para os ensaios necessários, qualquer modelo de *no-break* comercial com funcionamento e características eléctricas similares ao NHS PDV 2200S - MAX poderá ser alterado de modo a operar com o sistema fotovoltaico autónomo. Na Tabela 1 suas especificações podem ser visualizadas.

Entrada	
Tensão de entrada	120V/220V Automático
Faixa de tensão de entrada	95V – 245V
Frequência de entrada	47Hz – 63Hz
Subtensão	95V – 180V
Sobretensão	140V – 245V
Saída	
Potência de saída nominal contínua	70000W
Potência de pico nominal	71280W
Tensão de saída nominal	120V (220V configurável a partir do Jumper interno)
Faixa de saída em modo inversor	20V±5%(220V ± 5%)
Frequência de saída em modo inversor	60Hz ± 0,1%
Tempo de acionamento do inversor	<0,8ms
Forma de onda em modo inversor	Semi-senoidal
Rendimento a plena carga em rede	≥ 95% para 120V/120V ou 220V/220V/≥95% para 120V/220 ou 220V/120V
Rendimento a plena carga em bateria	≥ 80%
Bateria	
Tensão de operação	648V
Quantidade	54×17Ah/12V
Tipo de bateria	Selada VRLA, Chumbo – ácida, livre de manutenção
Tempo de recarga da bateria	24h após 90% descarregada
Vida útil da bateria	Entre 2 a 5 anos, conforme número de ciclos de descargas e da temperatura ambiente
Mecânica	
Comprimento do cabo AC	1,5m com plugue padrao NBR 14136
Dimensões	415×192×236 (mm)
Peso aproximado	25kg
Ambiente	
Temperatura de operação	0°C a 40°C
Humidade relativa	0 a 90% sem condensação
Protecções	
Desligamento do no-break quando houver sobrecarga 110%: 7 min rede/50s inversor. 160%: 1 min rede/15s inversor	
Acionamento do inversor para subtensão e sobretensão na rede eléctrica com retorno e desligamento automático	
Desligamento automático contra descarga profunda de bateria no modo inversor.	
Desligamento programado por carga mínima na saída e ausência da rede eléctrica superior a uma hora	
Varistores óxido metálico contra surtos de tensão	

Tabela 1: Especificações do no-break NHS PDV 2200S - MAX

Fonte: Autor

Para o caso concreto do nosso projecto a carga a ser atendida, na falta de energia da rede consistiu em 400 lâmpadas de 25 Watts e outras máquinas estimadas em 40000Watts por hora,

totalizando uma potência de 50000 Watts por hora. A Tabela 2 reúne as informações de demanda da carga.

Carga	Tensão (V)	Potência (W)	Uso (h/dia)	Energia (Kw/dia)
Lâmpadas (400)	220V	10000	20	200000
Outros equipamentos	220V	40000	20	800000

Tabela 2: Informações de demanda da carga

Fonte: Autor

Dos sistemas disponíveis o sistema, descrito anteriormente, será utilizado pois é o mais compacto e suas especificações atendem as necessidades da carga. As especificações a serem atendidas podem ser observadas na Tabela 3.

Especificações do Sistema	
Tensão de Arranjo	$V_p=660V_{aa}$
Energia fornecida pelo arranjo	76,41Kwh
Tensão da Operação	648V _{aa}
Capacidade de descarga	300 Ah em 10h
Corrente nominal no controlador de carga	30 AC
Profundidade de descarga das baterias em profundidade	60%

Tabela 3: Especificações do Sistema fotovoltaico

Fonte: Autor

Será determinada uma autonomia. É necessário saber a corrente diária consumida:

$$I_{diario} = \frac{76410}{648} = 117,9 \text{ Ah}$$

Para o cálculo da autonomia:

$$I_{Total} = \frac{I_{diario} \times N^{\circ} \text{ de dias de autonomia [dia]}}{\text{Profundidade de descarga}}$$

$$300 \text{ Ah} = \frac{117,9 \times N^{\circ} \text{ de dias de autonomia [dia]}}{0,6} \cong 1,52 \text{ dias}$$

Por fim,

$$1,52 \times 24h = 36h$$

Portanto, o tempo de autonomia é de aproximadamente 36 horas para o banco de baterias do sistema. Esse será o tempo de autonomia do *no-break*.

Para o *no-break* poder funcionar conectado a um sistema fotovoltaico serão necessárias algumas alterações. A Figura 11 ilustra o diagrama de blocos de funcionamento do *no-break* PDV 2200S – MAX com a seguinte modificação: a bateria interna do *no-break* foi substituída por um sistema fotovoltaico autônomo, composto por painéis, baterias e um controlador de carga. Como a bateria possui tensão CC, a utilização de um inversor, nesse caso, se torna dispensável.

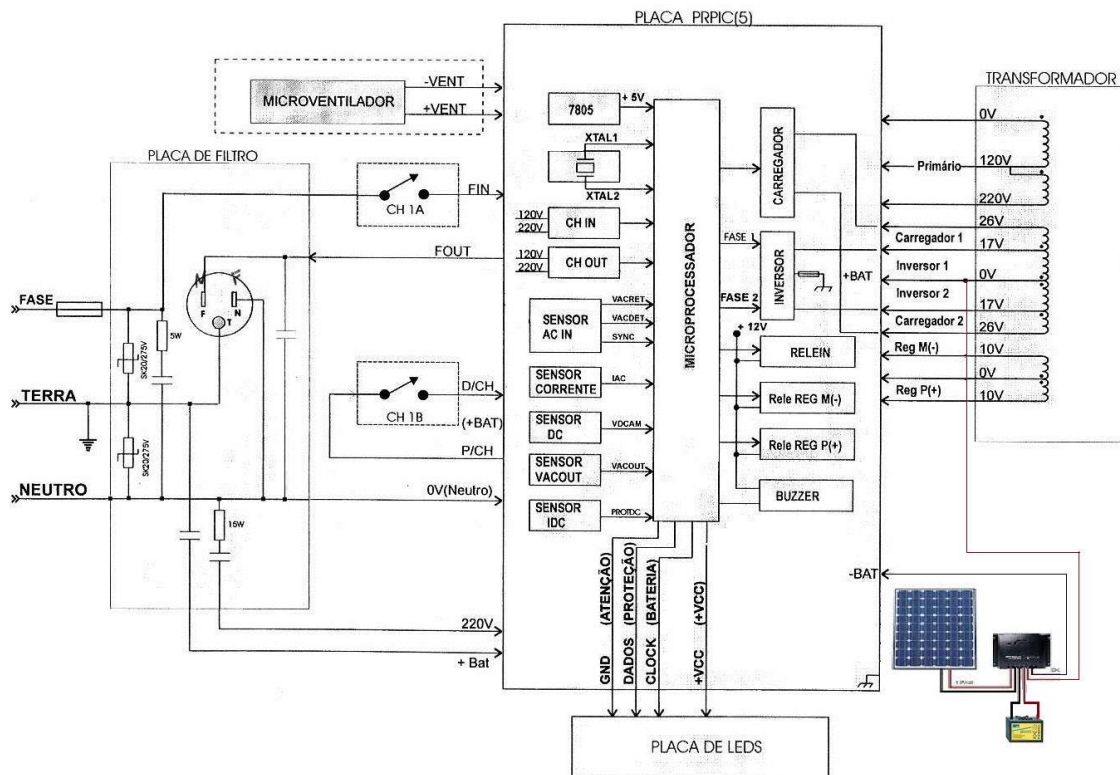


Figura 11: Diagrama de blocos do no-break PDV 2200S - MAX alterado

Fonte: (ILUMISOL, 2019)

Analisando o esquema elétrico do *no-break* em questão pode-se concluir que circuito responsável pelo carregamento da bateria é composto por um *driver* de corrente, isto é, um circuito que alimenta a bateria com corrente constante proveniente da rede.

O trecho do circuito do *driver* de corrente deve ser desligado, caso contrário haverá uma corrente de carga por parte do *driver* do circuito de recarga do nobreak somada com a carga proveniente do controlador. Neste cenário, a corrente de carga pode superar 25% da corrente nominal da bateria e isto pode causar o fenômeno denominado carga falsa podendo danificá-la.

Feitas essas modificações espera-se que o *no-break* consiga ser ligado ao sistema fotovoltaico sem problemas e funcione perfeitamente.

4.2.1. Ensaio e Resultados obtidos

Na indisponibilidade de implantar sistema fotovoltaico no HDN, optou-se por realizar um ensaio em laboratório com o que se tinha à disposição. Como forma de comprovar o funcionamento do sistema proposto, neste trabalho, foram realizadas medições de tensões no controlador de carga e na saída do *no-break*. Assim como, a captura das formas de onda na saída do *no-break*, em diferentes situações.

Em função de se ter apenas uma bateria de 12 Volts, impossibilitando associações para obter uma tensão maior de acordo com demanda da necessidade do local, foi necessária a adoção de um *no-break* com tensão de operação de 12 Volts. O módulo foi montado utilizando os painéis disponíveis, também teve que ser configurado com essa especificação. O *no-break* utilizado foi do modelo Ragtech Save 600, neste foram feitas as mesmas modificações sugeridas no capítulo anterior para o funcionamento com o sistema fotovoltaico.

O ensaio foi realizado em laboratório, e em substituição à luz solar, foi utilizado um reflector com uma lâmpada halógena de 500 W.

Para o ensaio foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Dois painéis fotovoltaicos do modelo BP SOLAREX;
- Controlador de carga Morningstar SunSaver-6;
- Bateria Selada de 7 Ah e 12 V;
- Multímetro Digital Icel MD-5880;
- Osciloscópio digital Tektronix TDS1012C-EDU, patrimônio: 530072;
- Uma lâmpada de 8 W e uma de 30 W;
- Um refletor com lâmpada halógena de 500 W;
- *No-break* Ragtech Save 600 VA.

Especificações nominais	
Potência Máxima (W)	20,0
Tensão do circuito aberto (V)	22,0
Corrente de curto circuito (A)	1,56
Tensão máxima de pico (V)	16,2
Corrente máxima de pico (A)	1,30

Tabela 4: Especificações do painel BP SOLAREX

Fonte: Autor

4.2.1.1 Características do *no-break* utilizado

Características linha save	
Potência nominal	600W
Fator de Potência	0,5
Tensão de operação	12 V
Tecnologia line interactive	atende à norma NBR 15014
Faixa de operação de entrada [$\pm 2\%$]	80V até 142V [175 até 284V]
Rendimento	>95% em modo rede, >87% em modo inversor
Regulação de saída do inversor	< $\pm 2\%$ - carga linear
Tempo de acionamento do inversor	0,7 ms
Tempo de carga da bateria interna [até 80%]	12 horas
Forma de onda do inversor	senoidal modificada
Regulação em modo rede	+6% / -10%
Frequência de saída do inversor [$\pm 1\%$]	60 Hz
Peso líquido [Kg]	6,5
Peso Bruto [Kg]	6,7
Dimensão do equipamento A x L x P [mm]	155 x 105 x 360
Dimensão da embalagem A x L x P [mm]	215 x 110 x 395

Table 5: Especificações do no-break Ragtech Save 600

Fonte: Autor

Primeiramente foi montado todo o arranjo de acordo com diagrama de blocos representado, na Figura 11, com o intuito de medir as tensões na saída do *no-break* e registrar as formas de onda. O objetivo era verificar a qualidade da forma de onda e da tensão fornecida.

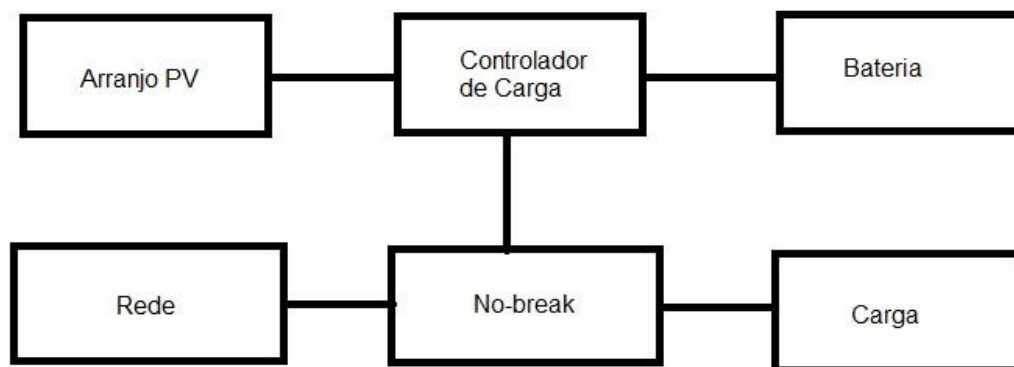


Figura 12: Diagrama de blocos do arranjo

Fonte: Autor

As Figuras 13 e 14 também mostram aspectos da montagem.

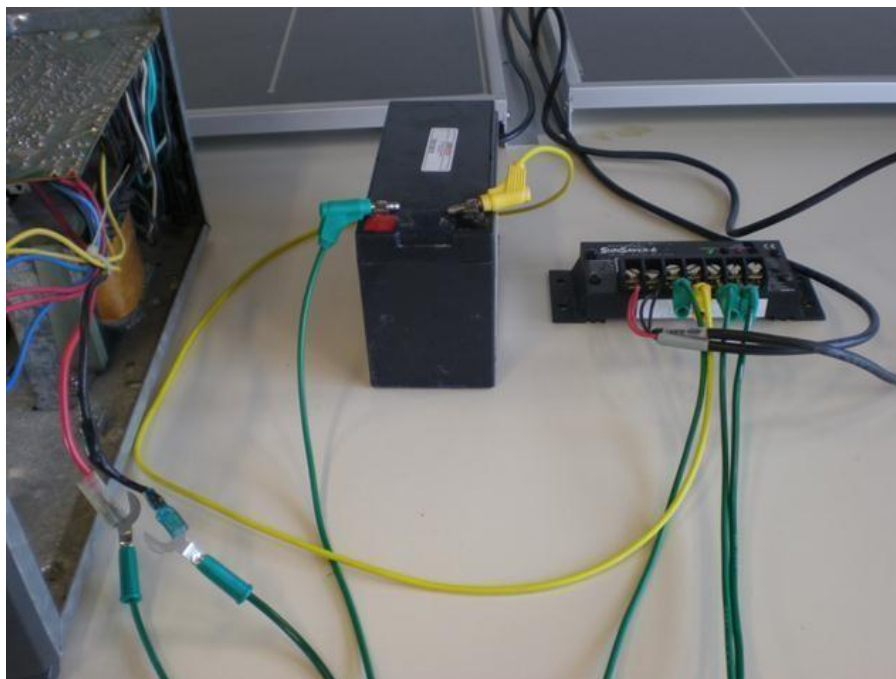


Figure 13: Esquema das ligações do ensaio

Fonte: Autor

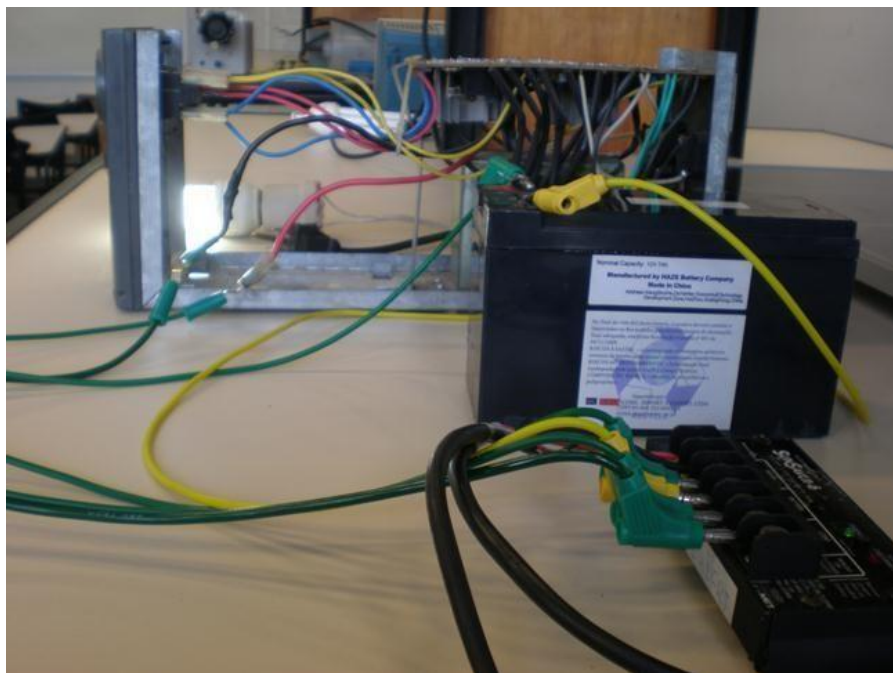


Figura 14: Vista lateral das ligações do ensaio

Fonte: Autor

O esquema elétrico do sistema montado está representado na Figura 13. Ele mostra com mais detalhes as ligações representadas no diagrama de blocos da Figura 12.

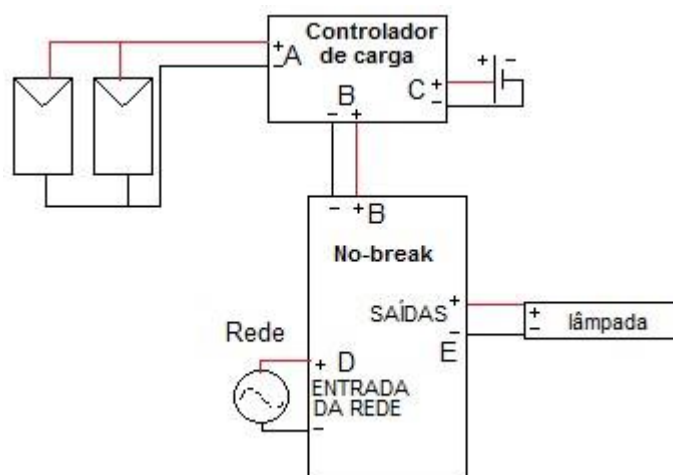


Figura 15: Esquema elétrico das ligações

Fonte: Autor

Com o sistema montado e conectado conforme o esquema elétrico indicado na Figura 13, o ensaio foi feito usando a seguinte metodologia:

1. Medição da tensão da bateria no terminal C, e dos módulos no terminal A.
2. O *no-break* foi ligado e conectado à rede a vazio. Para medir a qualidade da forma de onda, no terminal E.
3. O *no-break* ligado foi desconectado da rede ainda a vazio. Para medir a qualidade da forma de onda, no terminal E.
4. O *no-break* ligado, desconectado da rede foi conectado à carga. Para conectar a carga todo o sistema foi desligado. Novamente foi verificada a qualidade da forma de onda, no terminal E.
5. O *no-break* ligado e com carga foi conectado à rede. Para medir a tensão a plena carga conectada à rede, no terminal E.
6. Com o *no-break* na condição anterior (5), foi novamente medida a tensão da bateria, para verificar se esta estava sendo carregada, no terminal C.

Todas as demais conexões foram mantidas durante todo o ensaio. A Tabela 5 resume a situação do *no-break* em cada etapa do ensaio

Etapa	No-break Ligado	No-break Conectado à rede	Com carga
1	Não	Não	Não
2	Sim	Sim	Não
3	Sim	Não	Não
4	Sim	Não	Sim
5	Sim	Sim	Sim

Tabela 6: Resumo do ensaio

Fonte: Autor

4.2.1.2. Execução

Com o sistema montado e conectado conforme o esquema elétrico indicado na Figura 13.

1. Foi realizada a medição da tensão da bateria com o *no-break* desligado e desconectado da rede, sem carga. O valor medido com o uso do multímetro digital foi de 13,1 V. Em seguida foi medida a tensão que era fornecida pelos painéis ligados em paralelo, o valor registrado foi de 15,6 V.

2. Com o *no-break* conectado à rede, a vazio, ele foi ligado (acionado). Foi medida a forma de onda em sua saída com o uso do osciloscópio e medido o valor da tensão com o uso do multímetro digital. A forma de onda pode ser vista na Figura 14. A tensão medida a vazio foi de 100,8 V.

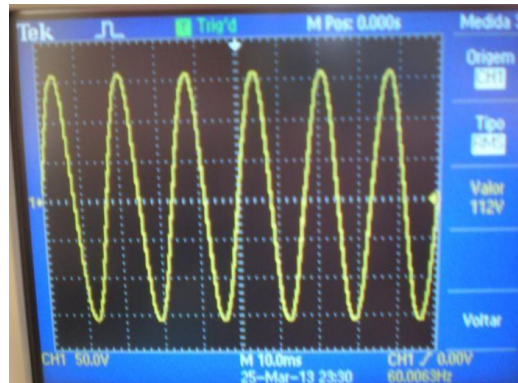


Figura 16: Forma de onda na saída do no-break

Fonte: Autor

3. *Ono-break* foi desconectado da rede enquanto ligado, simulando uma falta no fornecimento. Após esse procedimento a onda senoidal se transforma em uma senoidal modificada, devido à actuação do circuito inversor, presente no nobreak, que transforma o sinal contínuo da bateria em uma onda senoidal modificada. A forma de onda é mostrada na Figura 15. A tensão na saída do *no-break* foi medida com um multímetro digital e o valor medido foi de 96,5V.

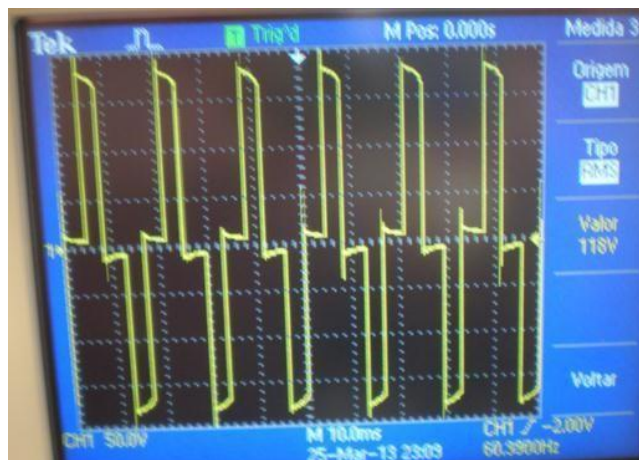


Figura 17: Forma de onda na saída do no-break ligado

Fonte: Autor

4. O *no-break* foi desligado para a conexão de uma lâmpada de 8 W em sua saída. Feito isso, ele será ligado, permanecendo desconectado da rede. A Figura 8.7 mostra a forma de onda com o *no-break* desligado da rede elétrica e com a carga (lâmpada de 8 W) ligada. A tensão na sua saída a plena carga foi medida com o uso de um multímetro digital e o valor registrado foi de 96 V.



Figura 18: Forma de onda na saída do no-break

Fonte: Autor

5. O *no-break* em funcionamento com carga foi ligado à rede, condição de reestabelecimento no fornecimento de energia. Foi medida a tensão na sua saída com o uso de um multímetro digital e a tensão registrada foi de 100,7 V.

6. Com o *no-break* em funcionamento, com carga e ligada à rede, foi medida a tensão na bateria e verificou-se a mesma tensão inicial ao experimento, 13,1 V.

No ensaio não foi observado o tempo de descarga e a energia do arranjo, porque este não era o sistema real, isto é, não tinha o porte do sistema projetado.

O funcionamento do *no-break* se dará sempre ligado à rede, com as cargas conectadas na sua saída. No caso de queda no fornecimento de energia pela rede, a energia para alimentar as cargas é retirada do banco de baterias e essas são carregadas pelo arranjo fotovoltaico através do

controlador de carga. A Tabela 6 resume as medições realizadas com o multímetro durante cada etapa do ensaio.

Etapas	Medições Realizadas	
1.	Tensão da bateria (V)	13,1
1.	Tensão dos painéis em paralelo (V)	15,6
2.	Tensão a vazio ligado na rede (V)	100,8
3.	Tensão a vazio alimentado pelo sistema PV	96,5
4.	Tensão a plena carga alimentado pelo sistema PV (V)	96,0
5.	Tensão a plena carga ligado na rede (V)	100,7

Tabela 7: Valores obtidos no ensaio

Fonte: Autor

Por fim, o ensaio foi repetido usando uma lâmpada de 30 W como carga. Os resultados obtidos foram similares aos encontrados anteriormente com a carga de 8 W, isto é, foram encontradas as mesmas formas de onda na saída do nobreak e o sistema se comportou da mesma forma. Na Figura 17 pode ser visto o funcionamento do *no-break* conectado à rede e na Figura 18, seu funcionamento desconectado, representando uma falta de fornecimento.

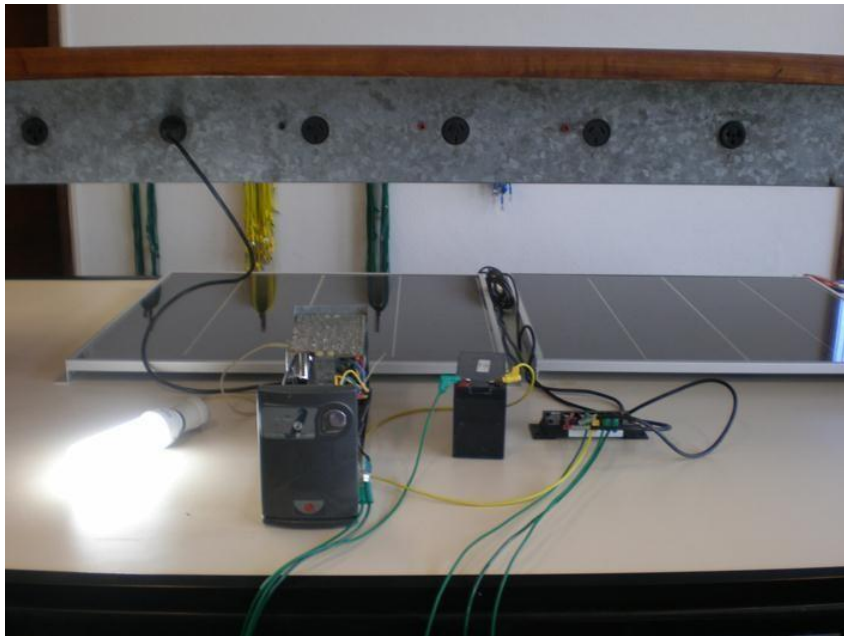


Figura 19: Funcionamento do no-break ligado à rede

Fonte: Autor

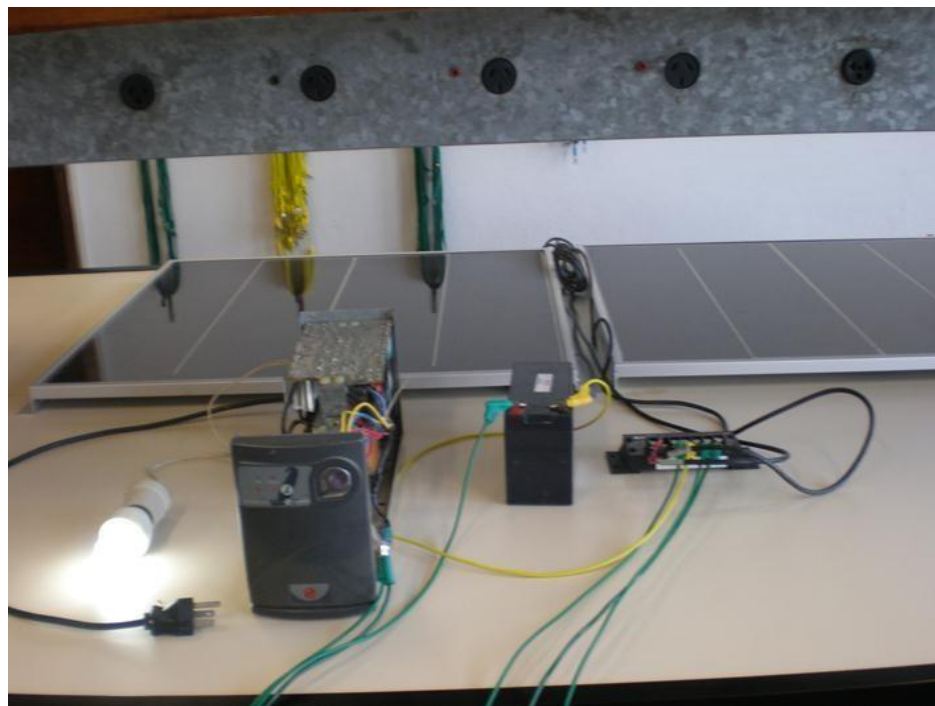


Figura 20: Funcionamento do no-break desligado da rede

Fonte: Autor

Em detalhe na Figura 19 é mostrado o LED aceso (*line*) que indica que o *nobreak* está trabalhando ligado à rede. E na Figura 20, o outro LED aceso (*battery*) que indica um caso de falta de energia.

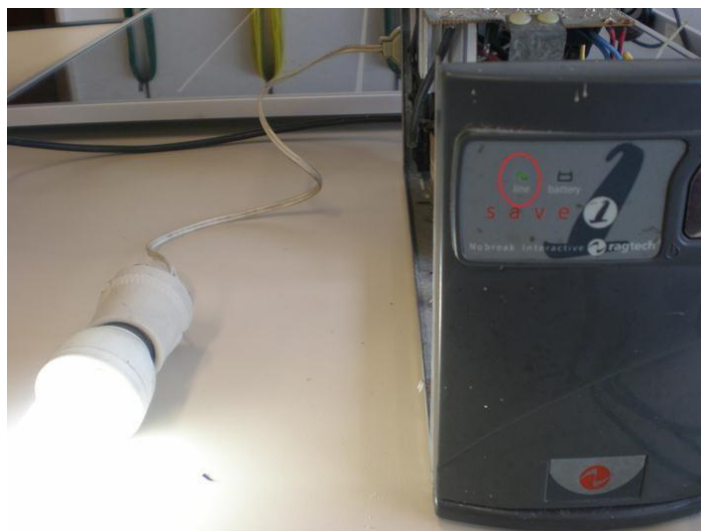


Figure 21: No-break operando com fornecimento da rede

Fonte: Autor



Figura 22: No-break operando sem fornecimento da rede

Fonte: Autor

O ensaio apresentou resultados satisfatórios, sendo capaz de manter a carga funcionando tanto com energia da rede quanto sem energia, o sistema apresentou desempenho estável. Medições feitas na bateria e indicações no LED do controlador de carga indicaram, durante o ensaio, o carregamento da bateria pelos painéis.

5.1. Conclusões, Recomendações e Limitações

Neste trabalho foi trazida a descrição do funcionamento geral de um sistema chamado *no-break*, assim como as vantagens na sua utilização. Também foram apresentados aqui, alguns conceitos de electrónica de potência, que envolvem os elementos que compõe o sistema fotovoltaico e o *no-break*.

Trazendo na forma de um catálogo, as características de seus componentes e especificações. Por fim, dos sistemas disponíveis, foi sugerido o que possui as melhores especificações para ser utilizado em conjunto com o *no-break*.

Foi realizado um ensaio para comprovar seu funcionamento. O modelo usado no ensaio apresentou os mesmos resultados esperados do modelo proposto neste trabalho, isto é, as formas de onda na saída do *no-break* encontradas foram estáveis, sem grandes ruídos ou picos de tensão. De uma forma geral, conseguiu-se obter resultados satisfatórios no ensaio, atingindo o objectivo do mesmo, demonstrando o conceito exposto neste trabalho.

Concluimos que a implantação de um sistema fotovoltaico do tipo *no-break* traria benefícios econômicos e sociais, em caso de cortes na rede nacional da EDM.

Uma sugestão de melhoria surgida ao longo do trabalho é que seja projectado um sistema fotovoltaico autónomo específico para alimentar as cargas de lâmpadas e máquinas do HDN, com a finalidade de ter um sistema mais compacto e aprimorado. Aliado a isto, é recomendado que fossem trocadas as lâmpadas do corredor por lâmpadas de 16 W que possuem melhor eficiência e fluxo luminoso de intensidade similar ao da lâmpada de 25 W.

Como limitação em função do sistema (o sistema sugerido para ser utilizado com o *no-break*) não estar disponível para realizar o ensaio, realizou-se o mesmo com os componentes disponíveis para testes no laboratório de fontes alternativas de energia. As especificações dos painéis disponíveis no laboratório diferem muito das características do arranjo fotovoltaico do sistema, ou seja, seriam necessários muitos painéis para reproduzir as características do que foi proposto. Desta forma, para este ensaio, que teve o objectivo de demonstrar o conceito de funcionamento proposto neste trabalho, foi necessário adoptar um sistema a 12 Volts.

Em um contexto socioambiental de crescimento desequilibrado, o engenheiro, assim como o cidadão, deve orientar suas escolhas na busca de soluções que levem ao desenvolvimento sustentável, visando melhorar a qualidade de vida da comunidade ao seu redor.

Bibliografia

- Aler_mar2021_resumo-Renovaveis-Em-Mocambique-2021.Pdf, accessed 23 April 2021, https://www.lerenovaveis.org/contents/lerpublication/aler_mar2021_resumo-renovaveis-em-mocambique-2021.pdf
- ALMEIDA, A. B. (2018). Modelo Estratégico para Departamento Manutenção de um Health Club (Doctoral dissertation). Portugal: Instituto Politecnico do Porto.
- ANDRADE, M. M. (2007). Introdução à Metodologia do Trabalho Científico (8.^a ed.). São Paulo: Editora Atlas.
- CALDAS, H. H. S. (2016). *Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores Residenciais de Salvador – BA*. Revista Brasileira de Energias Renováveis. v.5, p. 164180.
- CAMAL, D. I. (2014). Análise da Logística nos Portos de Moçambique e Seu Hinterland (Doctoral dissertation). Portugal: Instituto Politecnico do Porto.
- CHIZZOTTI, A. (2003). Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais (6^a ed.). São Paulo: Editora Cortez.
- JARDIM, C. S. O. *Potencial dos Sistemas Fotovoltaicos Interligados a Rede Elétrica em Áreas Urbanas: Dois Estudos de Caso*. Disponível em <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000200029&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 25.11.2017.
- GERHARDT, T. E., & Silveira, D. T. (2009). Métodos de Pesquisa. Brasil: Editora UAB/UFRGS.
- GIL, A. C. (2007). Métodos e Técnicas de Pesquisa Social (4^a ed.). (P. B. Científico: Procedimentos Básicos, Ed.) São Paulo: Editora Atlas.
- GIL, A. C. (2010). Métodos e Técnicas de Pesquisa Social, (6^a ed.), São Paulo: Atlas Editora S.A.
- KARDEC, A. & Nascif, J. (2001). Manutenção: Função Estratégica da Segunda Linha. Rio de Janeiro: Quality Mark.

- KARDEC, A. & Nascif, J. (2009). *Manutenção-Função Estratégica*. Qualitymark Editora Ltda.
- MOBLEY, e. a. (2008). *Importância da Manutenção no Processo*. São Paulo.
- MORAES, P. H. (2004). *Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística*. Rio de Janeiro: Taubaté: UNITAU.
- MARQUES C.R.; Krauter C.W.S. (2009). Lima C.L.; *Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro*. Rev. Technol. Fortaleza, v. 30, n. 2, p. 153162, dez.
- OLIVEIRA, J. C. (2013). *Análise de Indicadores de Qualidade e Produtividade da Manutenção nas Indústrias Brasileiras (Vol. 9)*. Brasil: Revista GEPROS.
- PINTO, A. (2016). *Manual de Segurança na Manutenção*. Lisboa: Edições Sílabo.
- RENOVE ENGENHARIA. *Energia Solar / Como Funciona*. Disponível em <<https://www.renoveengenharia.com.br/energia-solar-como-funciona>>. Acesso em: 16.08.2018.
- RICHARDSON, R. J. (1999). *Pesquisa Social: Métodos e Técnicas (9ª ed.)*. São Paulo: Editora, Atlas.
- SILVA, R. O. *Transição do Sistema Elétrico Tradicional para a Implantação do Sistema Fotovoltaico: Percepção dos Funcionários*. Disponível em <[http://revista.ufr.br/index.php /adminrr/](http://revista.ufr.br/index.php/adminrr/)>. Acesso em: 25.11.2016.
- SÁ-SILVA, J. R. *Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas*. *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*. Ano I. Número I. Julho de 2009.
- SOLARINOVARE. (2019). *O efeito fotovoltaico*. 2016. Disponível em: <<https://solarinovare.wordpress.com/2016/01/04/o-efeito-fotovoltaico/>> Acesso em: 02 Nov.
- TEIXEIRA, E. (2010). *As três Metodologias: acadêmica, da ciência e da pesquisa (7ª ed.)*. Petrópolis - Rio de Janeiro: Editora Vozes.

TEIXEIRA, Gilberto. *A questão de método de investigação científica*. Arquivo acedido em 2022, disponível em <http://www.serprofessoruniversitario.pro.br/ler.php?Modulo=21&texto=1660>

THIAGO S. B. (2013). *Projeto de uso de energia fotovoltaica como fonte emergencial*. Universidade Federal. Rio de Janeiro.

VÁZQUEZ BARQUERO, A. (2001). *Desenvolvimento Endógeno em Tempos de Globalização*. Porto Alegre: FE.

ZANELLA, L. C. (2013). *Metodologia de Pesquisa* (2ª ed.). São Paulo: Florianópolis: Rempri Departamento de Ciências da Administração/ UFSC.

APÊNDICES



Grupo de Gerador a diesel, vista frontal do HDN e o Bloco do sistema de gerador a diesel.

Guião de entrevista aos técnicos da área de património do HDN

O guião é dirigido aos técnicos da área de património do HDN cujo tema é “**Sistema de geração de energia solar fotovoltaica como fonte alternativa: Um estudo de caso, no Hospital Distrital de Nacala.** Os dados colhidos são para fins meramente académicos, e as suas intervenções serão mantidas em anonimato.

1. Em média qual é o tempo verificado com cortes de energia eléctrica da rede nacional da EDM?

2. Qual é o custo médio por mês para o abastecimento do grupo de gerador a diesel do HDN?

3. Qual é o consumo médio diário de energia eléctrica no HDN?