PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA / ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
Trabalho Final de Curso II

Paulo Rangel Ferreira Barros

Estação Solar Portátil

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Controle e Automação apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

BANCA EXAMINADORA:
Prof. Dr. Antonio Marcos Melo Medeiros- Orientador
Prof. Dr. Cassio Hideki Fujisawa- Co-orientador
Prof. Luiz Fernando Pagotti-Banca avaliadora

Goiânia, Junho de 2025.

Estação Solar Portátil

Paulo R. F. Barros, Antonio M. M. Medeiros, Cassio H. Fujisawa, Luiz F. Pagotti

Abstract: This research illustrates the production and application of portable photovoltaic energy, which enables the generation of electricity from sunlight anywhere using compact and easily transportable solar panels. These systems are perfect for hard-to-reach places, camping, travel, renovations, and emergency situations, providing power for electronic devices and electric tools. Portable solar energy is versatile, easy to install and maintain, and comes with batteries for energy storage. With reduced operating costs and technological advancements, this solution is becoming increasingly popular among consumers seeking sustainable and effective options.

Keywords: power station, off-grid systems, photovoltaic module, lithium battery, autonomous system.

Resumo- Esta pesquisa ilustra a produção e aplicação de energia fotovoltaica portátil, que possibilita a produção de eletricidade a partir da luz solar em qualquer local através de painéis solares compactos e de fácil transporte. Esses sistemas são perfeitos para lugares de difícil acesso, acampamentos, viagens, reformas e situações emergenciais, fornecendo energia para aparelhos eletrônicos e ferramentas elétricas. A energia solar portátil é versátil, de simples instalação e manutenção, e possui baterias para o armazenamento de energia. Com custos operacionais reduzidos e progressos tecnológicos, essa solução está ganhando cada vez mais popularidade entre os consumidores que procuram opções sustentáveis e eficazes.

Palavras-chaves: estação de energia, sistemas off-grid, módulo fotovoltaico, bateria litíon, sistema autônomo.

I. Introdução

Com crescimento da tecnologia e seu desenvolvimento foi possível criar células fotovoltaicas cada vez menores e mais eficientes, dessa forma possibilitando projetos ainda mais acessíveis para o população, seja na instalação residencial ou na industrial. Que vem a cada dia tendo um aumento na demanda de instalação, devido aos valores em declínio para painéis solares e serviços de instalação, políticas e estímulos governamentais incentivando a energia renovável. Intensificação da percepção dos benefícios da energia solar, que incluem economia de energia e sustentabilidade ambiental, dessa forma aumentando a procura por autonomia e independência energética entre os donos de propriedades [1][10].

Sendo assim esse projeto visa em desenvolver um produto acessível e prático para a população em geral que necessita fazer uma viagem ou serviço em locais sem energia ou com difícil acesso a ela. Possibilitando trabalhos ou conforto nesses ambientes, visando uma ampla diversidade de equipamentos, e em diversas atividades que poderão ocorrer, desde carregar um telefone a usar fermentas [2].

II. Fundamentação

Este projeto utilizará o sistema off-grid, também referido como sistemas independentes ou autônomos. Estes são sistemas de produção de energia que operam de forma autônoma em relação à rede elétrica tradicional. Eles são formados por painéis solares, um controlador de carga, um inversor e baterias solares para armazenamento de energia. A principal característica dos sistemas off-grid é a autossuficiência, sem a necessidade de conexão com a rede elétrica. Isso é particularmente benéfico em regiões isoladas ou com infraestrutura elétrica precária ou instável. Além disso, o armazenamento de energia permite que a energia produzida pelos painéis solares seja armazenada em baterias, possibilitando o uso constante, mesmo à noite ou em dias de céu encoberto [3] [4] [9].

Para o calculo da energia produzida por hora, é utilizado a equação 1 onde a energia gerada depende da potencia das placas e a energia de radiação solar do locar instaldo.

$$Ehora = Pnom \times \frac{Gmedia}{1000} \times \eta \qquad (1)$$

Onde:

Ehora = Energia gerada por hora(Wh/h)

Pnom = Potência nominal da placa solar(W)

Gmedia = Irradiância solar média (W/m²)

η = eficiência do painel (%)

Para o calculo da energia total gerada no dia, é utilizado a equação 2 onde a energia gerada no dia depende do tempo em que as placas ficam em pleno sol e da energia gerada por hora.

$$Edia = Ehora \times T \qquad (2)$$

Onde:

Edia = Energia gerada por dia(Wh/dia)

Ehora = Energia gerada por hora(Wh/h)

T = Horas de sol pleno(h)

Para o dimensionamento do banco de baterias, é utilizado a equação 3 onde bateria depende da energia gerada no dia e a voltagem desejada para a bateria.

$$CB = \frac{Edia}{V} \qquad (3)$$

Onde:

Edia = Energia gerada por dia(Wh/dia)

V = Voltagem desejada para a bateria(V)

CB = Capacidade da bateria(Ah)

Para o dimensionamento do controlador, é utilizado a equação 4 onde o controlador depende da potência nominal da placa solar e a voltagem desejada para a bateria.

$$I = \frac{Pnom}{V} \quad (4)$$

Onde:
I = Corrente elétrica (A)
V = Voltagem desejada para a bateria(V)
Pnom = Potência nominal da placa solar(W)

III. Desenvolvimento

Compreender o perfil do usuário, levando em conta suas atividades cotidianas, locais de uso planejados (por exemplo, acampamentos, reformas, regiões isoladas) e a frequência de uso do sistema portátil, é essencial para garantir a eficiência e a adequação do sistema fotovoltaico portátil. Essa análise detalhada facilita relacionar todos os aparelhos eletrônicos e ferramentas elétricas que serão alimentados pelo sistema, especificando a potência de cada um e o tempo médio de uso diário. Isso possibilita calcular a demanda energética total com base na potência e no tempo de uso dos aparelhos listados, assegurando que o sistema possa suprir todas as necessidades sem sobrecarga. Além disso, permite estabelecer a autonomia pretendida para o sistema, levando em conta a capacidade das baterias e a demanda por armazenamento de energia para utilização à noite ou em dias de céu encoberto. Dessa forma, é possível definir um orçamento para o projeto, englobando os gastos com componentes, instalação e manutenção, assegurando que a solução seja rentável para o usuário [5].

Sem essa análise, há o risco de subdimensionamento ou superdimensionamento do sistema, o que pode resultar em falhas no fornecimento de energia ou em custos desnecessários. Além disso, a consideração das condições ambientais e da autonomia necessária garante que o sistema funcione de maneira eficiente e confiável em todas as situações previstas. [5]

IV. Dimensionamento e materiais.

Para fazermos o dimensinamento do sistema, iremos ultilizar o seguinte perfio de usuario, conforme tabela 1. [6]

Tabela 1: Tabela de exemplo de perfil de usuario

Equipamento	**Potência (PP)**	**Uso Diário (tt)**	**Consumo (EE)**
Celular	5W	3h	5W×3h=15Wh
Iluminação LED	10W	5h	10W×5h=50Wh
Antena Starlink	100W	6h	100W×6h=600Wh
Total Estimado	-	-	**665Wh/dia**

Usando uma placa solar com 160W de potencia maxima, com 5 horas de sol pleno, temos a energia gerada por dia de, conforme equação 5:

$$Edia=160W\times5h=800Wh/dia \quad (5)$$

Como o consumo diário é **665Wh/dia**, **uma única placa** ainda é suficiente. Para o banco de baterias com 24V, conforme equação 6 :

$$CB = \frac{665Wh}{24V} = 27.7Ah \quad (6)$$

Recomenda-se uma **bateria de pelo menos 30Ah a 24V** para segurança. Agora o dimensionamento para o controlador de garga conforme equação 7:

$$I = \frac{160W}{24V} = 6.67A \quad (7)$$

Um **controlador de 10A a 24V** seria adequado para esse sistema.

Os componentes escolhidos para o sistema Off-Grid foram baseados em dados técnicos disponíveis nos catálogos e manuais dos fabricantes [9].

1.Sera ultilizado uma Placa Solar Flexível 160Wp Monocristalina ZTROON ZTF-160MT: A ZTROON ZTF-160MT tem dimensões do módulo: 1357x684x2,5mm, conforme figura 1.

Figura 1: Placa solar

2. Um controlador de carga é essencial para otimizar a eficiência do sistema, garantindo que o painel solar opere na tensão e corrente ideais, sera ultizado um modelo: PWM 10A 12/24V - Epever Landstar LS1024EU, conforme figura 2.

Figura 2: Controlador de carga Epever Landstar LS1024EU

3. **Baterias** de lítio 24V, 10A e 30Ah para garantir autonomia suficiente de 1 dia conforme o dimensionamento, como mostrado na figura 3.

Figura 3: Pack de bateria fito por encomenda.

4. Um inversor 200W (24V/220V) TS-200-224B: este inversor de 200W é compacto e ideal para sistemas menores, inversor DC/AC de onda senoidal pura, conforme figura 4.

Figura 4: Inversor de carga TS-200-224B

5. **Cabos e Conectores**:

5.1 **Cabo Lafeber 6mm² - Preto 1,8 kV** : Resistentes a UV e alta temperatura.

5.2 **Conectores MC4**: Para garantir conexões seguras e eficientes entre os painéis e o controlador de carga, conforme figura 5.

Figura 5: Cabo e conectores

V. Orçamento

Um orçamento estimado para o sistema off-grid com base nos componentes listados:

1. Placa Solar Flexível 160Wp Monocristalina ZTROON ZTF-160MT, com csto atual e de: R$ 594,27.

2. Controlador de carga PWM 10A 12/24V - Epever Landstar LS1024EU, tendo custo atual e de: R$ 98,36

3. **Baterias** de lítio com uma capacidade mínima recomendada de 200Ah, custo atual e de: R$ 450,00

4. Um inversor 200W (24V/220V) TS-200-224B**,** custo atual e de: R$ 380,00

5. Cabos e Conectores, custo atual e de: R$ 79,47.

O custo total do projeto seria de R$ 1602,00, esse valor pode si altera dependendo das necessidades do usuário alvo.

Em comparação com outros kits de sistema solar Off-grid, este tem a vantagem de ser portatil e leve com aproximadamente 6 Kg. Como por exemplo o Kit Ecoflow River 3 Plus 110v + Bateria 286wh + Painel 45w, que esta custando hoje no mercado R$5.107,61.

VI. Montagem

Priemeiro passo foi a montagem da estação solar portátil que foi realizada de forma sistemática, iniciando pela instalação do **banco de baterias**. As baterias, com capacidade mínima de 30Ah, foram posicionadas em local ventilado e seguro, respeitando as orientações do fabricante quanto ao manuseio e distanciamento entre os terminais. Utilizou-se cabos adequados para alta corrente, garantindo uma conexão firme e correta com o controlador de carga, respeitando rigorosamente a polaridade, conforme figura 6. [7] [8]

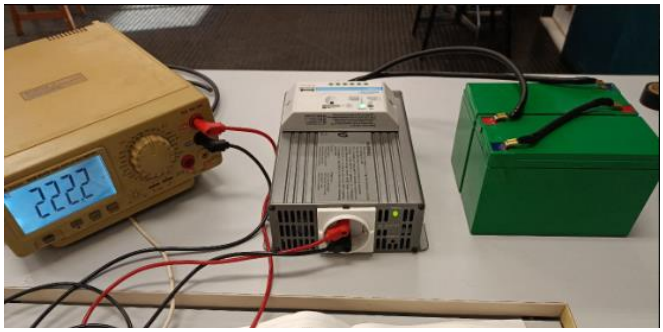

Figura 6: Teste do inversor conectado ao banco de baterias e multímetro.

Segundo passo foi a instalação do banco de baterias, procedeu-se à conexão do **inversor TS-200-224B (24V/220V)**. O inversor foi ligado ao controlador de carga por meio de cabos de bitola apropriada, utilizando terminais crimpados para evitar aquecimentos ou quedas de tensão. Essa etapa foi executada com o sistema desligado, assegurando a integridade do equipamento e do operador, conforme figura 7.

Figura 7: Conexão da bateria para o controlador e para o inversor

Terceiro passo foi realizada a instalação da **placa solar** , a placa foi colocada em local com inclinação otimizada para a máxima captação da radiação solar. Os **cabos Lafeber** foram conectados à saída da placa com uso de conectores MC4, e então levados até o controlador de carga, conforme figura 8.

Figura 8: Estação solar portátil em operação com painel solar posicionado em local aberto para captação máxima da radiação solar.

O fluxograma represntado na figura 9, demonstra de forma inlustrativa, as conecções dos componetes.

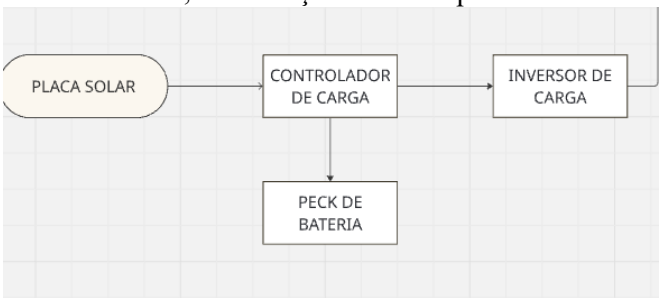

Figura 9: fluxograma dos componentes.

VII. Resultados coletados

Para validação prática do funcionamento da estação solar portátil, foram realizados testes durante o período entre **09:00 e 14:00**, com registros da tensão e corrente da **placa solar**, da **saída para a bateria**, da **saída para o inversor**, e da **tensão alternada (AC)** gerada pelo inversor.

Tabela 1: Amostras coletadas

Horário	Placa Solar (V)	Corrente (A)	Saída para Bateria (V)	Saída para Inversor (V)	Saída do Inversor (AC)
09:00	23,4 V	2,45 A	23,4 V	23,3 V	218 V
10:00	22,5 V	5,04 A	22,5 V	22,5 V	217 V
11:00	22,4 V	5,57 A	22,4 V	22,4 V	218 V
12:00	22,2 V	6,22 A	22,2 V	22,2 V	222 V
13:00	21,3 V	1,08 A	21,3 V	21,3 V	219 V
14:00	21,5 V	0,96 A	21,5 V	21,5 V	217 V

A partir dos dados apresentados, observa-se que a

tensão da placa solar se manteve estável ao longo do período, variando entre 21,3 V e 23,4 V, com o pico de **corrente registrado às 12h00 (6,22 A)**, horário correspondente à maior incidência solar. Esses valores confirmam o desempenho satisfatório do módulo fotovoltaico utilizado.

A tensão fornecida ao banco de baterias permaneceu compatível com os parâmetros ideais para carregamento, demonstrando a efetividade do controlador PWM Epever LS1024EU na regulação do fluxo de energia. A tensão alternada fornecida pelo inversor TS-200-224B variou entre 217 V e 220 V, mantendo-se dentro da faixa operacional adequada para dispositivos eletroeletrônicos comuns.

Além disso, foi registrada a forma de onda da saída AC utilizando um osciloscópio digital Minipa MO-2061. A imagem obtida mostra uma **onda senoidal bem definida**, característica de inversores de onda senoidal pura, que são ideais para o uso com equipamentos sensíveis.

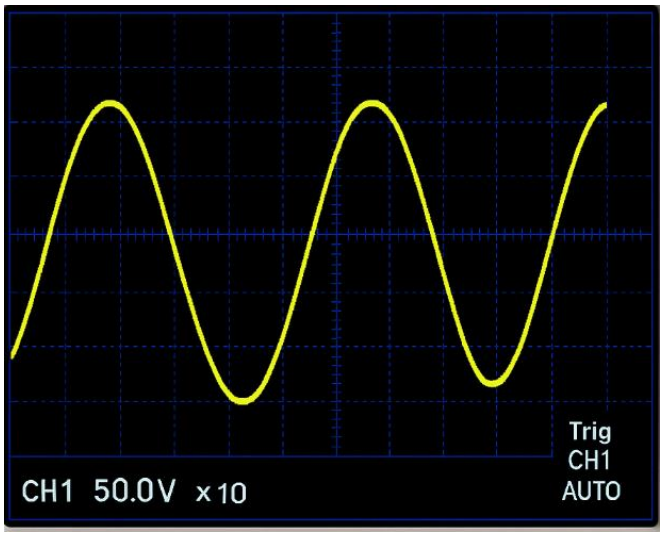

Figura 10: Forma de onda senoidal observada na saída AC do inversor, registrada via osciloscópio digital.

A forma de onda observada na figura 10 reforça a qualidade da conversão de energia realizada pelo sistema, garantindo compatibilidade com dispositivos eletroeletrônicos e demonstrando a confiabilidade da solução implementada [9].

VIII. Conclusão

A energia solar fotovoltaica portátil se apresenta como uma alternativa prática e sustentável para a produção de eletricidade em regiões isoladas ou em circunstâncias urgentes. Combinando painéis solares compactos, controladores de carga eficazes, baterias de grande capacidade e inversores de confiança, podemos desenvolver sistemas off-grid que proporcionam independência energética e auxiliam na proteção do meio ambiente.

Durante o desenvolvimento do projeto, algumas dificuldades foram identificadas, especialmente relacionadas à bateria. O custo elevado das baterias de lítio, mesmo em versões compactas, ainda representa um dos maiores desafios para a viabilidade econômica do sistema. A bateria utilizada foi feita por encomenda, o que exigiu atenção especial quanto à compatibilidade elétrica, segurança e integração física ao sistema. A utilização de uma placa BMS (Battery Management System) mostrou-se essencial para proteger a bateria contra sobrecargas, descargas excessivas e desequilíbrios entre as células, garantindo sua durabilidade e segurança operacional.

Além disso, foi necessário um cuidado especial com a escolha da capacidade e da tensão, a fim de garantir a autonomia desejada sem comprometer a segurança ou a durabilidade dos componentes.

Por fim, destaca-se a necessidade de realizar mais testes com o sistema montado, a fim de avaliar seu desempenho em diferentes condições climáticas, tempos de operação prolongados e variações de carga. Esses testes são importantes para verificar a estabilidade do sistema ao longo do tempo e identificar possíveis melhorias ou ajustes no projeto.

Apesar desses desafios, a solução proposta demonstrou ser funcional e promissora. A energia solar portátil não apenas favorece a economia energética, mas também é um avanço importante para um futuro mais ecológico e autossuficiente [10].

IX Referencias

[1] LANA, L. T. C. et al. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Engenharias On-line**, v. 1, n. 2, p. 21–33, 2015.

[2] Em busca de células fotovoltaicas mais eficientes – LNLS. Disponível em: <https://lnls.cnpem.br/ciencia/em-busca-de-celulas-fotovoltaicas-mais-eficientes/>. Acesso em: 5 dez. 2024.

[3] SEGUEL, J. L. Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital. 2009.

[4] SILVEIRA, G. **Relatorio Alvorada Greenpeace Brasil**. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/46319842/relatorio-alvorada-greenpeace-brasil>. Acesso em: 5 dez. 2024.

[5] **Minha Casa Solar - Energia Solar onde você estiver**. Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br/dimensione-seu-sistema-off-grid>. Acesso em: 5 dez. 2024.

[6] **Dimensionamento de Sistema Solar**. Disponível

em: <https://www.sunlab.com.br/Dimensionamento_solar_fotovoltaico.htm>. Acesso em: 5 dez. 2024.

[7] DE BRITO, A. A. et al. PROTÓTIPO DE BANCADA DIDÁTICA COM SISTEMA AUTÔNOMO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA. [s.l.] Centro Universitário de Goiânia, 2021.

[8] MARCIANO, O. B.; DOS SANTOS, J. A. **TOTEN FOTOVOLTAICO OFF-GRID**. [s.l.] PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS, 15 maio 2019.

[9] JORGE. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaícos CEPEL & CRESESB - Eletrônicos**. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/52883843/manual-de-engenharia-para-sistemas-fotovoltaicos-cepel-cresesb>. Acesso em: 5 dez. 2024.

[10] LANA, L. T. C. et al. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. **Engenharias On-line**, v. 1, n. 2, p. 21–33, 2015.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante Paulo Rangel Ferreira Barros do Curso de matrícula 2020.1.0118.0019-4, telefone: 66 9997-24277, mail 20201011800194@pucgo.edu.br, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Estação Solar Portátil**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 04 de Abril de 2025.

Assinatura do autor: Paulo Rangel

Nome completo do autor: Paulo Rangel Ferreira Barros

Documento assinado digitalmente
ANTONIO MARCOS DE MELO MEDEIROS
Data: 10/04/2025 11:48:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do professor–orientador: _____
Nome completo do professor-orientador: Antonio Marcos de Melo Medeiros