



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

FABRICIANO GOMES DA SILVA NETO

**SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE COM
UTILIZAÇÃO DE BATERIAS DE LÍTIO FERRO FOSFATO
PARA BACKUP
VIABILIDADE ECONÔMICA E PERSPECTIVA FUTURA**

Palmas/TO
2019

FABRICIANO GOMES DA SILVA NETO

**SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE COM
UTILIZAÇÃO DE BATERIAS DE LÍTIO FERRO FOSFATO
PARA BACKUP**

VIABILIDADE ECONÔMICA E PERSPECTIVA FUTURA

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Elétrica, para obtenção parcial de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof. Me. Alcy Monteiro Júnior

Palmas/TO
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

S586s Silva Neto, Fabriciano Gomes da .

Sistema fotovoltaico conectado à rede com utilização de baterias de lítio ferro fosfato para backup: Viabilidade econômica e perspectiva futura . / Fabriciano Gomes da Silva Neto. – Palmas, TO, 2019.

65 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Elétrica, 2019.

Orientador: Alcy Monteiro Júnior

1. Energia Solar. 2. Sistema fotovoltaico conectado à rede. 3. Backup de baterias. 4. Análise econômica. I. Título

CDD 621.3

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FABRICIANO GOMES DA SILVA NETO

SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE COM
UTILIZAÇÃO DE BATERIAS DE LÍTIO FERRO FOSFATO PARA
BACKUP
VIABILIDADE ECONÔMICA E PERSPECTIVA FUTURA

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT –
Universidade Federal do Tocantins – Campus
Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Elétrica,
para obtenção parcial de Bacharel em Engenharia
Elétrica e aprovada em sua forma final pelo Orientador
e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 12 / 04 / 19

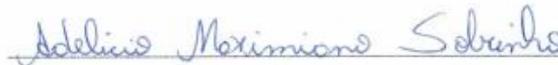
Banca Examinadora



Prof. Me. Alcy Monteiro Júnior, UFT, Orientador



Prof. Me. Gisele Souza Parmezani Marinho, UFT, Examinador



Prof. Me. Adelicio Maximiano Sobrinho, UFT, Examinador

Dedico este trabalho a minha mãe, Maria silva e família pelo apoio e incentivo ao longo de toda essa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus pai, pelo amor incondicional, sua misericórdia graça e por estar permitindo realizar esse trabalho, sempre estar mostrando os caminhos certos a serem trilhados pela vida. Porque ele é o caminho, a verdade e vida.

A minha querida mãe, que foi para eu um exemplo de vida, de luta, determinação nessa trajetória, sempre me proporcionando os melhores conselhos e sabedorias. Agradeço também pelo esforço, o apoio nos momentos mais felizes e mais tristes da minha vida, e que com sua educação e grandes conselhos me tornaram uma pessoa vencedora.

À minha família, em especial meus irmãos, avós, tios e tias, que sempre apoiaram e deram forças em diversos momentos e se fizeram presente.

Aos amigos pela força e carinho, em destaque os amigos feitos na universidade, no curso e em especial na Liga de Energia Solar (LiES), liga está me permitiu um grande crescimento pessoal e profissional, ao lado de companheiros comprometidos e dedicados em fazer a diferença no nosso meio.

Agradecimentos a Universidade Federal do Tocantins, por me acolher e permitir eu inicia-se o curso de graduação nessa jovem e bela instituição. Agradeço a toda sua estrutura, aos servidores, técnicos administrativos e suporte adquirido.

A todos os professores que fizeram parte dessa batalha, participando diretamente e indiretamente dessa trajetória, em especial ao professor orientador Alcy Monteiro Júnior, por me orientar e ajuda sempre prestada ao longo do curso, e ao professor Alexandre Motta de Andrade por ser o primeiro orientador da LiES, acreditando esse trabalho iria decolar.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar e analisar a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede com *backup* de baterias de lítio ferro fosfato, comparando com um sistema fotovoltaico conectado à rede sem *backup*. Percebe-se que existe uma grande inconformidade por parte dos consumidores finais de baixa tensão para com a concessionária, causados por problemas na má qualidade energética fornecida aos seus clientes, provocando oscilações e queda de tensão rotineiras. Adicionalmente, tem-se a obrigatoriedade do gerador fotovoltaico conectado à rede desligar segundos após a qualquer evento que ocasione o desligamento da rede elétrica, ou seja, é obrigatório o anti-ilhamento. Diante do exposto, tem-se como solução um sistema fotovoltaico conectado à rede com *backup* de bateria de lítio ferro fosfato, do qual esta última possui 6.000 ciclos de vida e garantia de 10 anos, com alto desempenho e produção quando comparadas as baterias estacionárias. Logo, o trabalho simulou computacionalmente pelo *software System advisor model*, casos e situações dos quais são possíveis à implementação de um sistema gerador com *backup*, analisando a viabilidade econômica, com parâmetros de preço do investimento, *payback* simples, *payback* descontado e o valor presente líquido. Os resultados obtidos apresentaram-se como economicamente viáveis, com baixos tempos de retornos financeiros, entre 4 e 6 anos, todavia com um custo inicial de investimento elevado quando comparado ao sistema conectado à rede sem *backup*, foi constatado também que um gerador com *backup* é mais de duas vezes o valor final de um mesmo sistema sem *backup*, mas quando comparado ao tempo de retorno do investimento e a segurança energética pós sistema, tal tecnologia torna-se atraente e uma perspectiva para um futuro próximo.

Palavras-chaves: *Backup*. Lítio ferro fosfato. Anti-ilhamento. Viabilidade econômica, Segurança energética.

ABSTRACT

The present work aims to present and analyze the economic viability of a photovoltaic system connected to the grid with backup of lithium iron phosphate batteries, comparing with a photovoltaic system connected to the network without backup. It is noticed that there is a great disagreement on the part of the end consumers of low voltage towards the concessionaire, caused by problems in the poor energy quality provided to its customers, causing routine oscillations and voltage drop. In addition, it is mandatory that the photovoltaic generator connected to the grid disconnect seconds after any event that causes the grid to shut down, ie the anti-islanding is mandatory. In view of the above, a photovoltaic system connected to the grid with backup of lithium iron phosphate battery, of which the latter has 6,000 life cycles and a 10-year warranty, has a high performance and production when compared to stationary batteries. Therefore, the work simulated computationally by the software System Advisor model, cases and situations of which are possible to the implementation of a generator system with backup, analyzing the economic feasibility, with parameters of investment price, simple payback, discounted payback and net present value . The results obtained were economically viable, with low financial payback times, between 4 and 6 years, but with a high initial cost of investment when compared to the system connected to the network without backup, it was also verified that a generator with backup is more than twice the final value of a single system without backup, but when compared to the time of return on investment and energy security post system, such technology becomes attractive and a prospect for the near future.

Keywords: Backup. Lithium iron phosphate. -islanding. Economic viability, Energy security.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Unidades Consumidoras com Geração Distribuída	17
Figura 2 - Sistema Fotovoltaico Isolado	22
Figura 3 - Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.....	23
Figura 4 - Sistema Híbrido	23
Figura 5 - Módulo BYD 335W.....	33
Figura 6 - Inversor Fronius 5kW	34
Figura 7 - Inversor Victron 5 kVA	35
Figura 8 - Topologia Paralelo para a rede elétrica com controlador de carga MPPT.....	37
Figura 9 - Topologia em linha para a rede elétrica com inversor <i>On-grid</i>	37
Figura 10 - Topologia Paralelo para a rede elétrica com inversor <i>On-grid</i>	38
Figura 11 - Painel <i>Color Controle</i>	38
Figura 12 - Bateria BYD 2,56 kWh Lítio Ferro Fosfato.....	39
Figura 13 - Diagrama de Ligação Simplificado	41
Figura 14 - <i>Printscreen</i> Software SAM(<i>Location and Resource</i>)	42
Figura 15 –Comparativo dos Investimentos Iniciais	47
Figura 16 –Comparativo dos Retornos de Investimentos	48
Figura 17 - Valores em \$ por Wp de um Módulo FV.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos tipos de Geração	20
Quadro 2 - Faixas de potência indicadas para os níveis de tensão da rede de distribuição	21
Quadro 3 - Critério de decisão do projeto pelo VPL	29
Quadro 4 - Critério de decisão do projeto pelo TIR.....	30
Quadro 5 - Bandeiras Tarifárias	32
Quadro 6 - Consumo Residência Ano de 2018	32
Quadro 7 - Característica do Módulo Fotovoltaico	34
Quadro 8 - Característica do Inversor On-grid Fronius	35
Quadro 9 - Característica do Inversor Off-Grid Victron.....	36
Quadro 10 - Característica Bateria BYD Lítio Ferro Fosfato	39
Quadro 11 - Irradiação Solar média Mensal de Palmas.....	40
Quadro 12 - Característica Gerais do Sistema FV.....	41
Quadro 13 - Dados Gerais da Análise Sistema sem <i>Backup</i>	44
Quadro 14 - Dados Gerais da Análise Sistema com <i>Backup</i> 5,12 kWh	44
Quadro 15 - Dados Gerais da Análise Sistema com <i>Backup</i> 7,68 kWh	45
Quadro 16 - Dados Gerais da Análise Sistema com <i>Backup</i> 10,24 kWh	45
Quadro 17 - Dados Gerais da Análise Sistema com <i>Backup</i> e Tarifa Branca.....	46
Quadro 18 - Comparação dos Casos Simulados.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
a- SI	Silício Amorfo
CC	Corrente Continua
CGH	Centrais de Geração Hidrelétrica
CRESESB	Centro de Referencia para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
Cd	Cádmio
EOL	Central Geradora Eólica
FV	Fotovoltaico
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
m-SI	Silício Monocristalino
p- SI	Silício Policristalino
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico
Pb	Chumbo Metálico
REN	Resolução Normativa
SFCR	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
UFV	Central Geradora Solar
UC	Unidade Consumidora
UTE	Usina Térmica
SAM	System Advisor Model
VPL	Valor Presente Liquido
TIR	Taxa Interna de Retorno

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Propósito da Pesquisa	15
1.1.1 Hipótese	15
1.1.2 Delimitação de Escopo	16
1.1.3 Justificativa	16
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo Geral.....	18
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 Metodologia	18
1.4 Estrutura do Trabalho	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Geração Distribuída	20
2.2 Sistemas Fotovoltaicos Autônomos (OFF-GRID)	21
2.3 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (ON-GRID)	22
2.4 Sistemas Híbridos (ON- GRID E OFF-GRID)	23
2.5 Baterias	24
2.5.1 Baterias de Chumbo Ácido	24
2.5.2 Baterias de Níquel Cádmio	25
2.5.3 Baterias de Lítio Ferro Fosfato	25
2.5.4 Vida Útil	26
2.6 Marcos Regulatórios	27
2.7 Viabilidade de Investimento	27
2.7.1 Fluxo de Caixa	28
2.7.2 Payback Simples e Descontado	28
2.7.3 Valor Presente Líquido (VPL)	28
2.7.4 Taxa Interna de Retorno (TIR).....	29
3. ESTUDO DE CASO	30
3.1 Considerações Iniciais	31
3.2 Características da Unidade Consumidora	31
3.3 Equipamentos	33
3.3.1 Módulo Fotovoltaico	33
3.3.2 Inversores.....	34
3.3.3 Baterias de Lítio Ferro Fosfato	38
3.4 Características do Sistema Fotovoltaico	39
3.5 Software Sam	42
4. VIABILIDADE ECONÔMICA E PERSPECTIVA FUTURA	43
4.1 Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid Sem Backup	43
4.2 Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid Com Backup 5,12 Kwp	44

4.3	Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid Com Backup 7,68 Kwp	45
4.4	Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid Com <i>Backup</i> 10,24 Kwp.....	45
4.5	Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid Com <i>Backup</i> e Tarifa Branca	46
4.6	Comparações dos Casos Simulados	46
4.7	Perspectiva Futura	48
5.	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	ANEXOS	57

1. INTRODUÇÃO

O uso de energias renováveis pela comunidade global se mostra como um motivo do desenvolvimento sustentável, conceito elaborado pela Organização das Nações Unidas através do relatório Nosso Futuro Comum em 1987, como sendo “Desenvolvimento sustentável é aquele que busca as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”.

Nesse sentido, tal princípio deve ser seguido pelas engenharias, do qual tem que se mostrar como desenvolvedora de soluções e tecnologias, a fim de melhorar o presente buscando o melhor para o futuro. Assim, iniciou-se a energia solar fotovoltaica, com suas diversas aplicações, tais como: Sistema conectado à rede, sistema autônomo, bombeamento solar, dentre outros.

A energia solar fotovoltaica se baseia no efeito fotovoltaico, que é a conversão da energia solar em energia elétrica. A unidade básica de um módulo é a célula FV, constituída de um material semicondutor. Quando submetida à luz solar, ocorre o aparecimento de uma diferença de potencial, da ordem de 0,6V. Por isso, é necessária a união de várias células para comporem um módulo fotovoltaico, a fim de se obter uma voltagem maior para aplicação. (CRESESB, 2014).

Os tipos de tecnologia mais utilizadas na produção de placas solares se concentram principalmente em três produtos, os que são feitos por silício monocristalino (m-Si), silício policristalino (p-Si) ou o silício amorfo (a-Si), por se tratar de componentes importantes para o processo de conversão de energia solar em energia elétrica. (CRESESB, 2013). Tendo em vista o potencial solar do Brasil, através do Atlas Brasileiro de Energia.

Os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro (4200-6700 kWh/m²) são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha (900-1250 kWh/m²), França (900-1650kWh/m²) e Espanha (1200-1850 kWh/m²), onde projetos para aproveitamento de recursos solares, alguns contando com fortes incentivos governamentais, são amplamente disseminados(Atlas Brasileiro de energia solar,2006)

Observa-se que o país possui uma irradiação solar propícia para o aproveitamento da energia solar. Em concomitância com esse fato é perceptível que o setor de energia solar

exiba uma ampla série de novos projetos em desenvolvimento, assim como novas perspectivas de avanços tecnológicos.

Nesse quesito, temos uma nova aplicação de sistema fotovoltaico conectado à rede com utilização de baterias para *backup*, cuja função primordial é proporcionar maior confiabilidade do sistema gerador, pois, no período noturno, não se produz energia solar fotovoltaica e nessa lacuna vêm às baterias de lítio ferro fosfato para complementar. Dessa forma, o presente trabalho tem como intuito desenvolver uma análise de sistemas fotovoltaica conectada à rede (SFCR) com *backup*, avaliando características técnicas, mercado, viabilidade econômica e retorno financeiro.

1.1 Propósito da Pesquisa

Em virtude do SFCR estar conectado com a rede da concessionária, na ocorrência de uma eventual falta na rede, o sistema de geração deve desligar-se através do inversor e desconectar a geração da rede, no máximo, em 2 segundos. (Energisa, 2017). E esta interrupção na rede que ocasiona o desligamento automático do gerador fotovoltaico do qual causa uma série de frustrações em quem produz energia, pois além dessas faltas na rede, oscilações de tensões a má qualidade no fornecimento de energia elétrica também acontecem.

Ademais, o SFCR não produz no período noturno e em períodos climáticos chuvosos produz-se pouco, o que torna a dependência e a recorrência da energia elétrica da concessionária necessária, ou seja, não existe um bom aproveitamento do sistema gerador. Tais problemas são complexos, pois estão atrelados aos serviços da concessionária e das condições climáticas, em que por hora, não se tem tanto controle.

Para grandes e médios consumidores finais, comércios e indústrias, uma solução comumente procurada é utilização de geradores a diesel, no qual produz a queima de um material não renovável, produz ruído e a liberação de matérias poluentes no ar. Assim, é necessário que se procure uma solução eficiente, viável economicamente e, sobretudo sustentável.

1.1.1 Hipótese

Diante dos problemas expostos no tópico anterior, temos a necessidade de melhorar tal quadro, em que apresente soluções tecnológicas e de baixo custo, com objetivo de tornar

expansível a todos os interessados, principalmente os médios e pequenos geradores de energia fotovoltaica. Sendo assim, o presente trabalho visa propor como solução a utilização de *backup* de baterias cuja composição química é lítio ferro fosfato nos sistemas já conectados à rede. Além disso, será verificado ao final do estudo a viabilidade e o retorno financeiro de um sistema com essas características de armazenamento de energia.

1.1.2 Delimitação de Escopo

Na pesquisa foi realizada uma análise e simulação de um sistema fotovoltaico conectado à rede, com utilização das novas baterias de lítio ferro fosfato para *backup*, ou seja, será a união de dois sistemas fotovoltaicos já existentes, o conectado à rede e o sistema isolado.

Esta proposta também contempla uma análise econômica e financeira deste tipo de sistema, comparando o presente momento e um futuro próximo. Para trabalhos futuros há a sugestão de dar continuidade abordando as análises técnicas e dimensionamento dos sistemas.

1.1.3 Justificativa

A Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015 e nº 786 que contemplam a REN 482 da ANEEL, vem regulamentar o uso de energias renováveis na microgeração e minigeração, estabelecendo as condições de conexão com a rede de distribuição elétrica, na forma de empréstimo gratuito a concessionária, sendo posteriormente a potência gerada descontada na conta de energia elétrica. (BRASIL, 2015)

No SFCR, a concessionária funciona como um grande banco de baterias, do qual é recorrível à sua energia quando a produção fotovoltaica não é suficiente para alimentar aquela carga. Todavia, para consumidores que não podem ficar sem o fornecimento de energia ou não querem pagar a demanda de ponta, utiliza-se o *backup* para suprir esse fornecimento.

Dessa forma, os consumidores comerciais e industriais dos quais possuem geração distribuída com energia fotovoltaica, são os tipos mais sensíveis à falta de energia elétrica ou perturbações na rede, necessitando em muitos casos a aplicação de *backup* em seus sistemas. De acordo com a figura 1 abaixo, é possível verificar a importância do tipo de consumidor comercial, pois é a segunda maior parcela, porém aquele com maior potência instalada.

Figura 1- Unidades Consumidoras com Geração Distribuída

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
Classe de Consumo	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
Comercial	11.881	24.900	365.412,54
Iluminação pública	6	6	57,50
Industrial	1.949	2.498	114.295,83
Poder Público	415	669	18.309,05
Residencial	51.654	59.902	257.470,38
Rural	3.768	5.540	85.999,35
Serviço Público	64	68	1.997,11
Total de usinas: 69.737		Total de UCs que recebem os créditos: 93.583	

Fonte: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (2019)

No tocante a sistema de *backup*, o tipo mais utilizado é a queima do diesel, conhecido como geradores a diesel, do qual utiliza uma substância fóssil e que libera gases poluentes na atmosfera. Para *backup* utilizando banco de baterias de lítio ferro fosfato, ainda pouco conhecida pela sociedade, pois se trata de um novo modelo efetivo de geração fotovoltaico.

Assim, podemos perceber a importância do estudo de um SFCR com aquelas baterias, pois é uma tecnologia que utiliza baterias de maior vida útil, ou seja, a manutenção é mais duradoura, o que torna o investimento mais rentável. Além que um sistema com *backup* de baterias de Lítio proporciona autossuficiência na geração e consumo, aplicando o conceito de *super nobreak*.

Além disso, as baterias que são projetadas na química de LiFePO_4 (Lítio ferro fosfato), tem sido amplamente reconhecida como uma das tecnologias de bateria mais seguras e a extensão ao longo de sua vida útil está equipado com design modular inteligente, permitindo extensão ao longo de sua vida útil. (Aldo Solar,2018)

Logo, pode-se afirmar que,

O ponto de partida para o desenvolvimento do aldo solar 365 foi a frustração diante das interrupções de energia por parte de concessionárias, oscilações ou incapacidade de gerenciamento do uso. Foi pensado nisso a Aldo criou um novo conceito de mercado para atender diferentes perfis de clientes do Brasil que anseiam por soluções inovadoras neste segmento. (Aldo Solar,2018)

Face a isso, um SFCR com *backup* de baterias de lítio ferro fosfato é mais versátil e promissor das tecnologias quando comparado a sistemas atuais, que se utilizam apenas da

conexão com a rede. Assim irá proporcionar e garantir a melhor eficiência de diferentes geradores fotovoltaicos. Desse modo, o presente estudo vai garantir a experiência acadêmica e propagar essa nova tecnologia de *backup* atrelado aos gerados fotovoltaicos conectados a rede.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é analisar e definir conceitos a cerca dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede com utilização de baterias de Lítio Ferro Fosfato para *backup*. Levando em consideração as normas técnicas já existentes a cerca de sistemas fotovoltaicos conectados e não conectados à rede.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Apresentar conceitos de SFCR's com utilização de *backup*;
2. Definição das Baterias de Lítio Ferro Fosfato;
3. Definição de sistemas não conectados à rede;
4. Simulação Computacional e Análise financeira do SFCR com *backup*;
5. Demonstrar a importância desses tipos de sistemas para o futuro próximo.

1.3 Metodologia

Na primeira etapa do trabalho foi realizada o referencial teórico e revisão bibliográfica dos principais estudos desenvolvidos, as normas existentes, nacionais e internacionais, com intuito de buscar maior embasamento teórico e credibilidade a pesquisa. Em seguida, realizou-se as simulações em um *software* livre para estudante, do qual dimensiona e analisa sistemas não conectados à rede (*Off- Grid*).

Além disso, foi simulado por meio do *software* System Advisor Model(SAM) liberados pelas empresas dos controladores de sistemas híbridos em seus sites, permitindo

assim uma projeção real dos sistemas. Na terceira etapa, foi feita uma análise básica da viabilidade econômica de um SFCR com *backup* de baterias lítio ferro fosfato. Na quarta etapa, realizou-se uma interpretação dos gráficos gerados e a análise do retorno financeiro.

Na última etapa, uma comparação de sistemas simulados foi feita, relacionando a viabilidade de instalação num momento presente e no futuro.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está organizado em 5 capítulos correlacionados. O capítulo 1, introdução, apresentou por meio de sua contextualização o tema proposto neste trabalho. Da mesma forma foram estabelecidos os resultados esperados por meio da definição de seus objetivos e apresentadas às limitações do trabalho permitindo uma visão clara do escopo proposto.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica do qual permitirá um embasamento teórico a cerca do assunto abordado.

O Capítulo 3 apresenta um estudo de caso em que apresenta os equipamentos e características de um sistema com *backup* de baterias.

O Capítulo 4 apresenta as simulações e análises financeiras de um sistema fotovoltaico com nobreak, perfil residencial.

O Capítulo 5 é tecida as conclusões do trabalho, relacionando os objetivos identificados inicialmente com os resultados alcançados e as possíveis continuidades do trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Geração Distribuída

Segundo o *Institute of Electrical and Electronics Engineers*(IEEE,2000), a geração distribuída é definida como uma forma de geração de energia que ocorre a partir de unidade de geração de pequeno porte conectados ao sistema de distribuição e próximas ao consumo. Todavia, para o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE,2003), a geração distribuída é considerada como a geração próximo ao consumidor, independente de sua potência, tecnologia ou recurso energético utilizado.

Ao se considerar a geração distribuída como unidade de geração conectada à rede elétrica de distribuição, sua localização ocorre, conseqüentemente próximo à carga, podendo ser usada para suprir o autoconsumo industrial, comercial e residencial, com ou sem produção de excedente exportáveis a rede. (Zilles *et al*, 2012)

Nesse contexto, o conceito de geração ganha bastante sentido nos seus conceitos com advento do crescimento de sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede, como podemos constatar pelo gráfico da Figura1:

Quadro 1 - Resumo dos tipos de Geração

Tipo	Quantidade	Quant. de UCs recebem créditos	Potência Instalada (kW)
CGH	80	7.378	76.219,08
EOL	57	100	10.314,40
UFV	69.449	85.779	713.905,60
UTE	152	327	43.107,68
Total de Usinas	69.738	Potência Total	843.546,76 kW

Fonte: ANEEL (2019)

É importante destacar que, ainda não se discutiu ou considerou o abastecimento de cargas isoladas, sistemas isolados, como geração distribuída entre outros, entretanto é uma produção energética próxima do consumo e tem que ser levado em consideração. De acordo com a PRODIST (BRASIL,2018), as faixas de potências de centrais geradora é definida de

acordo com cada nível de tensão das linhas de distribuição, visando a conexão e as proteções mínimas necessária, como no quadro 2,

Quadro 2 - Faixas de potência indicadas para os níveis de tensão da rede de distribuição

Nível de Tensão de Conexão	Potência Instalada
Baixa Tensão (Monofásico)	<10 kW
Baixa Tensão (Trifásico)	10 a 75 kW
Baixa Tensão (Trifásico)/ Média Tensão	76 a 500 kW
Média Tensão)/ Alta Tensão	501 kW a 30MW
Alta Tensão	> 30MW

Fonte: BRASIL (2018)

Conforme (ANEEL, 2019), a baixa tensão é definida como tensão até 1000 V, média tensão de 1000 V a 69 kV e alta tensão entre 69 KV a 230 kV. Os sistemas fotovoltaicos já estão sendo experimentados como geradores distribuídos, tanto no abastecimento de cargas isoladas como conectados à rede convencional de distribuição elétrica, o que proporciona diminuição de custos e aumento da eficiência de conversão. (Zilles *et al*, 2012)

2.2 Sistemas Fotovoltaicos Autônomos (*OFF-GRID*)

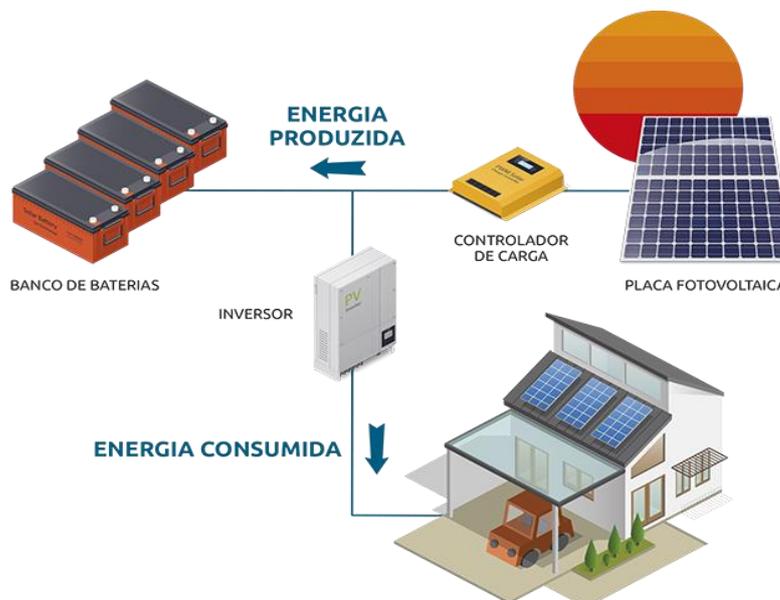
Os sistemas isolados são adotados em locais não atendidos pela rede elétrica, como zonas rurais, comunidades isoladas, ilhas. Em muitas regiões do Brasil onde não são recebidos pela rede elétrica de distribuição. (Villalva, Gazolli, 2012). Os sistemas autônomos são aplicados também em iluminação pública, telecomunicações, satélites e carregamento de baterias para veículos elétricos.

Um sistema isolado pode ser simplesmente um painel fotovoltaico alimentando diretamente uma carga. Um sistema mais sofisticado possui baterias, um controlador de carga e um inversor CC-CA. (Eudora Solar,2012). O conjunto de baterias são os dispositivos de armazenamento de energia nos períodos em que o gerador FV não produz. Já o controlador de carga é o que regula a carga da bateria e o Inversor é o que fornece a tensão adequada para a carga.

Nesse caso, os sistemas isolados são normalmente utilizados quando o custo de estender a rede elétrica pública for bem maior, devido o difícil acesso, distância juntamente

com a baixa demanda da comunidade a ser atendida. (Ruther, 2004). Esse tipo de sistema é geralmente mais competitivo economicamente em relação ao gerador diesel comumente utilizado. (CRESESB, 2014). A figura 2, ilustra um sistema FV isolado da rede.

Figura 2 - Sistema Fotovoltaico Isolado



Fonte: Inovacare Solar (2018)

2.3 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (*ON-GRID*)

O sistema fotovoltaico conectado à rede é contrário do sistema autônomo, o sistema atua em paralelo e conectado em locais já atendidos pela rede elétrica de eletricidade. O objetivo é produzir a própria energia para consumo local, reduzindo o consumo da concessionária local. (Villalva, Gazolli, 2012)

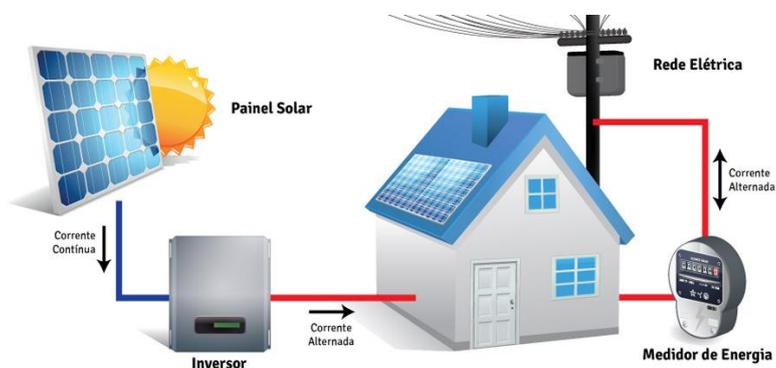
Dessa forma, o fato de um SFCR ser conectado diretamente à rede elétrica dispensa a necessidade do uso de armazenadores de energia. Os sistemas que possuem acumuladores de energia, dependendo do dimensionamento realizado, podem desperdiçar a capacidade de geração nos momentos em que os armazenadores estiverem completamente cheios. (Zilles *et al*, 2012)

No entanto, devido os inversores *on-grid* serem projetados com o sistema anti-ilhamento, qualquer interrupção no fornecimento o sistema gerador FV será automaticamente desligado, perdendo dessa forma a produção fotovoltaica e a eficácia fotovoltaica.

Nesse tipo de sistema, um novo equipamento é de fundamental importância e que não faz parte do sistema autônomo, o medidor bidirecional, responsável por medir a energia ativa

consumida da rede e energia ativa injetada na rede. (ANEEL, 2016). Assim, a figura 3 resume o funcionamento e os principais componentes do sistema conectado à rede.

Figura 3 - Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede



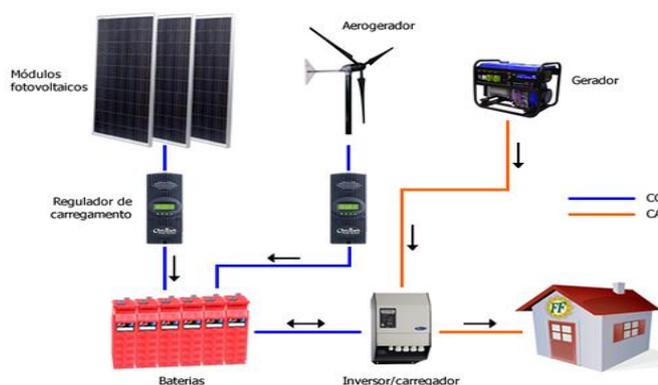
Fonte: Exatel Energia e Telecomunicações (2018)

2.4 Sistemas Híbridos (*ON- GRID e OFF-GRID*)

Os sistemas híbridos são caracterizados como a integração de duas ou mais fontes distintas de geração de energia. Os sistemas mais encontrados são os que possuem a geração FV funcionando associada a geradores eletromecânicos movidos a diesel. (Alves, 2016)

Os sistemas híbridos podem ser isolados, conectados à rede ou funcionarem como o apoio da rede. A figura 4 ilustra o sistema híbrido de geração.

Figura 4 - Sistema Híbrido



Fonte: FF Solar (2018)

Segundo, Pinho *et al* (2008, p. 176) o primeiro sistema híbrido do Brasil corresponde ao sistema eólico-diesel de Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco. Esse sistema foi

implantado no ano de 1986, sendo composto por uma potência eólica de 75 kW e diesel-elétrica de 50 kW.

Ainda relatado por Pinho *et al* (2008, p.176) os principais tipos de sistemas híbridos são: Eólico-Diesel, Fotovoltaico-Diesel, Fotovoltaico – Eólico – Diesel, Fotovoltaico- Eólico, no qual pode ser conectado à rede ou não. Quando é conectado à rede, é indispensável à utilização de equipamentos adequados, que atuem na proteção, inversão e sincronismo com a rede, garantindo assim a qualidade de energia elétrica em operação em situações como falta na rede, perdas de geração, entre outras.

No presente estudo será considerado um sistema híbrido conectado à rede, com a energia advinda do gerador FV e um *backup* de baterias lítio ferro fosfato e a rede elétrica.

2.5 Baterias

Considerado um dos principais elementos de um sistema FV autônomo e um sistema híbrido, a bateria representa a confiabilidade e segurança de um gerador FV com uso de baterias. Segundo Copetti, e Macagnan,(2007,p.9):

Vale a pena investir mais no estudo deste componente, conhecer os tipos e como funciona, estudar através da simulação seu comportamento e dimensioná-lo adequadamente. O que parece ocorrer é que há um descaso em relação à bateria. Seleciona-se a tecnologia mais barata sem que haja preocupação com sua adaptabilidade ao sistema, logo o custo anual do sistema passa a ser muito mais caro. Muito pode ser melhorado investindo neste componente, nos controladores de carga e na estratégia de controle adequada. (Copetti, Macagnan, 2007)

Existem muitos tipos de baterias elétricas, sendo que as baterias de chumbo ácido são as mais conhecidas e utilizadas. As baterias de chumbo podem ser de ácido líquido ou em gel. Uma alternativa pode ser as baterias de níquel cádmio o níquel metal hidreto. (Eudora Solar,2010)

2.5.1 Baterias de Chumbo Ácido

Nesse tipo de bateria, as células de chumbo-ácido utilizam dióxido de chumbo (PbO_2) como material ativo da placa (eletrodo) positiva e chumbo metálico (Pb), numa estrutura porosa altamente reativa, como material ativo da placa (eletrodo) negativa. Estas placas são imersas em uma solução diluída de ácido sulfúrico (H_2SO_4), que se comporta como eletrólito (mistura de 36% de ácido sulfúrico e 64% de água). (Aparecida, 2012)

No quesito aplicação, as baterias de chumbo ácido são as mais empregadas, nos sistemas fotovoltaicos e no setor automotivo, conhecidas como baterias estacionárias e baterias automotivas, respectivamente. (Eudora Solar, 2015).

Na questão funcionamento, durante a descarga, o ácido sulfúrico reage com os materiais ativos das placas, produzindo água que dilui o eletrólito. Durante o carregamento, o processo é revertido; o sulfato de chumbo (PbSO_4) de ambas as placas é transformado em chumbo “esponjado”, dióxido de chumbo (PbO_2) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). (Aparecida, 2012).

2.5.2 Baterias de Níquel Cádmio

Já as baterias de níquel-cádmio usam hidróxido de níquel nas placas anodo e óxido de cádmio nas placas catodo numa estrutura similar às baterias de chumbo-ácido. No eletrólito é utilizado hidróxido de potássio. Este tipo de bateria pode ser totalmente descarregado e não sofre influência da temperatura. (Aparecida, 2012). A reação completa de descarga nos eletrodos é dada por:



2.5.3 Baterias de Lítio Ferro Fosfato

As baterias de Lítio Ferro Fosfato são as mais novas baterias para serem integrados nos sistemas solares, e já estão sendo aplicadas nos carros e ônibus elétricos. Esse tipo bateria,

é projetada com bateria química de LiFePO_4 (Lítio Ferro Fosfato), que tem sido amplamente reconhecida como uma das tecnologias de bateria mais seguras. A estrutura química LiFePO_4 é estável e sua temperatura de avalanche térmica é superior a 480°C . Isso é 100% maior que a estrutura química de NCM e NCA. Ela é

projetada para aplicações residenciais e comerciais com total segurança. (Aldo Solar, 2018)

Assim, tal bateria possui maior potência, maior desempenho, e capaz de suprir cargas críticas, quando comparado às baterias estacionárias e baterias automotivas. Nesse contexto, essas baterias vem proporcionar maior confiabilidade e eficiência para o sistema ao passo que as baterias de outros materiais químicos não proporcionam.

Afirma a fabricante dessa bateria, a BYD, que a bateria tem maior potência de saída do setor, o que ofereceu um melhor desempenho para os clientes, é capaz de atingir picos e suportar cargas críticas, como ar condicionado e bombas. Além disso, as baterias de lítio ferro fosfato, conta com algumas vantagens em relação às baterias estacionárias:

- Bateria Química Segura: projetada para aplicações residenciais e comerciais;
- Baterias Padrão Automotiva e Ferroviária;
- Alta Potencia de Saída;
- Fácil Instalação e Manutenção;
- Arrefecimento Natural;
- Alta Vida Útil;
- Garantia de 10 Anos.

2.5.4 Vida Útil

Vida útil de uma bateria é considerada o número de ciclos ou período de tempo que ela pode ser submetida para trabalho sem apresentar falhas. O número de ciclos depende da profundidade da descarga realizada. Esta última corresponde à porcentagem de carga máxima da bateria no final da descarga, ao final de um período de utilização. (Eudora Solar,2015)

Todavia, são muitos os fatores que influenciam do desempenho e conseqüentemente na vida útil das baterias. Tais fatores são: profundidade de descarga, temperatura, via cíclica, manutenção e controle de carga e descarga. (Aparecida, 2012). Para aplicação FV as baterias têm que possuir as seguintes características:

- Confiabilidade;

- Ciclos profundos (tempo nublado);
- Elevada eficiência de carregamento;
- Baixa taxa de auto descarga;
- Necessidade de pouca manutenção

2.6 Marcos Regulatórios

O marco regulatório que impulsionou a área de energia solar fotovoltaica foi a REN nº 482/2012 do qual foi de extrema importância como incentivo da geração distribuída no país. O consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autos sustentabilidade. (Aneel, 2018)

Em seguida, a ANEEL em uma revisão conseguiu chegar à REN nº 687, de 24 de novembro de 2015, que entrou em vigor no ano seguinte, cujo conteúdo definiria o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

2.7 Viabilidade de Investimento

A análise de investimento é de fundamental importância nas projeções, sacrifícios, benefícios e decisões sobre o futuro em um projeto econômico. Gesser (2018) cita que, análise de investimento envolve decisões de aplicação de recursos com prazos mais longos, com o intuito de gerar um retorno vantajoso ao investidor do capital.

Segundo Silva (2013 *Apud* Sousa, 2018, p.31), é necessário observar o risco e retorno que se terá com o investimento, o investidor precisa identificar o retorno para o investimento e o lucro, bem como verificar todos os possíveis riscos. A incerteza quanto aos estudos de

viabilidade econômica de um projeto de energia solar fotovoltaico é elevada, pois envolve cenários e panoramas econômicos e políticos de longo prazo.

Todavia, para melhor discursão daquela viabilidade é preciso conceitos sólidos a cerca de alguns indicadores financeiros, tais como: Fluxo de caixa, *payback* simples, *payback* descontado, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), com essas informações é possível discutir a viabilidade do projeto em estudo.

2.7.1 Fluxo de Caixa

De acordo com o SEBRAE (2011), o fluxo de caixa é o instrumento de gestão financeira que projeta em períodos futuros todas as entradas e saídas de recursos financeiros, indicando ao final o saldo de caixa para o intervalo projetado. Ainda afirma o SEBRAE, com as informações do fluxo de caixa o investidor do projeto pode gerenciar os resultados financeiros, calcular a rentabilidade, lucratividade e o tempo de retorno do investimento.

2.7.2 *Payback* Simples e Descontado

Gesser (2018) define *payback* simples o período de tempo necessário para que as entradas de caixa do projeto iguale ao valor investido, em outras palavras o tempo da recuperação do investimento realizado. Assim, em termos matemáticos o *payback* simples é definido na equação (2):

$$\text{Payback} = \text{Valor do Investimento} / \text{Valor do Fluxo Periódico Esperado} \quad (2)$$

Já o *payback* descontado, é o período de tempo suficiente para recuperar o investimento, avaliando-se os fluxos de caixa descontados, ou seja, considerando o valor do dinheiro no intervalo de tempo definido. (Gesser, 2018)

2.7.3 Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL), ou ainda NPV, do inglês *net present Value*, resulta da adição de todos os fluxos na data zero. Tal método argumenta Sousa (2018) visa analisar o valor presente dos fluxos de caixa esperados pelo investimento em que se soma com valor do investimento inicial, e avalia o risco do projeto estudado levando em consideração uma taxa de desconto, também chamado de taxa mínima de atratividade.

Para o cálculo do VPL é necessário trazer todos os fluxos financeiros para uma data comum, a equação (3) define o conceito de valor presente.

$$\text{Valor Presente} = \text{Valor Futuro} / (1 + \text{Taxa})^{\text{Prazo}} \quad (3)$$

A fórmula geral então para calcular VPL é dada pela equação (4):

$$\text{VPL} = \text{Valor 1} / (1+i_1)^1 + \text{Valor 2} / (1+i_2)^2 + \dots + \text{Valor n} / (1+i_n)^n \quad (4)$$

Logo, a equação (5) é definida:

$$\text{VPL} = \sum_{n=1} \frac{C_n}{(1+i)^n} - C_0 \quad (5)$$

Em que:

C_0 é o investimento inicial do projeto;

C_n é o valor presente das entradas de caixa;

i é a taxa de desconto;

n é o período de duração do projeto.

Assim, a partir do VPL é possível encontrar o critério de decisão para analisar a viabilidade do projeto, conforme mostra o quadro 3:

Quadro 3 - Critério de decisão do projeto pelo VPL

VPL > 0	Economicamente Atrativo
VPL = 0	Indiferente
VPL < 0	Economicamente não Atrativo

Fonte: Adaptado de Gitman (2010, p. 370)

2.7.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Para Gesser (2018), a TIR é a taxa de juros que tornam os valores presente das entradas de caixa igual aos valores presentes de saídas de caixa do investimento. Assim, a TIR é a taxa que anula o investimento, ou seja, torna VPL igual à zero. Na equação (6) abaixo temos a definição matemática:

$$C_0 = \sum_{n=1} \frac{C_n}{(1+TIR)^n} \quad (6)$$

Dessa forma, de posse do valor TIR uma das formas de analisar a tomada de decisão de viabilidade do projeto é comparar o valor da TIR com a taxa mínima de retorno (TMR) que o investidor deseja ganhar, ou seja, para aceitação do projeto TIR deve ser maior que taxa mínima de retorno, como mostrado no quadro 4. (SILVA, 2013 *Apud* Sousa, 2018, p.34)

Quadro 4 – Critério de decisão do projeto pelo TIR

TIR > TMR	Aceitar o projeto
TIR = TMR	Indiferente
TIR < TMR	Rejeitar o projeto

Fonte: Sousa (2018, p. 34)

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Considerações Iniciais

O estudo de caso considerará para análise de implantação de um sistema fotovoltaico com baterias de lítio fosfato, as características do consumo e geração do sistema solar, para assim vislumbrar o tamanho do projeto e dessa forma analisar sua viabilidade econômica.

Nesse cenário, o capítulo analisa uma unidade consumidora hipotética monofásica, residencial, na cidade de Palmas do Estado do Tocantins, correlacionando sua geração, histórico de consumo, perfil de carga e determinação dos equipamentos do sistema fotovoltaico. Para o dimensionamento do sistema será utilizado o *software System Advisor Model* (SAM) ao longo do trabalho do qual será possível adquirir vários dados a cerca do sistema e realização da análise econômica.

3.2 Características da Unidade Consumidora

O sistema será dimensionado para um consumidor do tipo monofásico, residencial, tensão recebida em 220 V, baixa tensão e com tarifa única de energia consumida, tal sistema ainda será dimensionado para o município de Palmas-TO.

A residência do qual será estudada é de porte médio, com quatro pessoas residindo, com telhado tipo fibrocimento e localizada nas redondezas da cidade, no qual em situação hipotética apresenta sérios problemas com variações de tensões durante o dia e altos índices de descarga elétrica nas adjacências.

Na fatura de energia da concessionária da cidade de Palmas, está inserido de acordo com a ANEEL, o sistema de bandeiras tarifárias em que são acrescentados os valores do tipo da bandeira vigente, sendo elas: Verde, amarela, vermelha. Nesse contexto, mantém a ANEEL(2019), elas indicam se haverá ou não o acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em razão das condições de geração de eletricidade. As características de cada bandeira são mostrada no quadro 5.

Quadro 5 - Bandeiras Tarifárias

BANDEIRA	CONDIÇÃO GERAÇÃO	ACRÉSCIMO NA TARIFA (R\$/ kWh)
Verde	Favorável	Nenhuma
Amarela	Menos favorável	0,010
Vermelha	Patamar 1 - Custosas	0,030
	Patamar 2 - Mais custosas	0,050

Fonte: ANEEL (2019)

Ademais, foi considerado para tal residência, o seguinte perfil de consumo em kWh em todos os meses do ano de 2018, como no quadro 6.

Quadro 6 - Consumo Residência Ano de 2018

MÊS	CONSUMO (kWh)
Janeiro	396
Fevereiro	479
Março	553
Abril	576
Maio	588
Junho	672
Julho	650
Agosto	696
Setembro	798
Outubro	734
Novembro	698
Dezembro	682
MÉDIA ANUAL	746

Fonte: Autor

3.3 Equipamentos

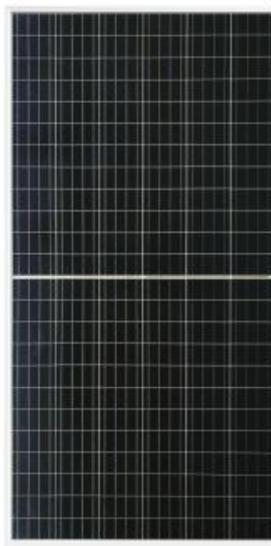
Para a escolha dos equipamentos será considerado um kit da empresa Aldo Solar, chamado de Aldo 365, com referência que o consumidor terá energia solar durante todo o ano. Tal empresa também foi a pioneira a instalar esse tipo de sistema no Brasil, utilizando das principais características sistema conectado à rede e isolado.

O gerador de energia 365 com bateria, de potência pico 6,7 kWp código de vendas 48780-6 e valor total dos equipamentos R\$ 54.689,00 já incluído o frete, é o sistema definido para o estudo de geração fotovoltaico com *backup* de baterias de lítio ferro fosfato, kit esse escolhido em virtude do consumo médio anual de energia elétrica considerado no quadro 6.

3.3.1 Módulo Fotovoltaico

O módulo fotovoltaico do qual faz parte do kit gerador 365 - 6,7 kWp é da marca BYD, modelo 335PHK-36-SERIE-4BB, potencia nominal de 335W. Para o estudo, o kit é composto de 20 módulos policristalino, com eficiência celular de 18,8%, garantia de 10 anos e garantia de desempenho linear de 25 anos. A figura 5 ilustra o módulo citado e abaixo as principais características no quadro 7.

Figura 5 - Módulo BYD 335W



Fonte: *Datasheet* Módulo Fotovoltaico BYD (2019)

Quadro 7 - Característica do Módulo Fotovoltaico

Fabricante	BYD
Modelo	335PHK-36
Tecnologia Material	Policristalino
Potencia Máxima	335
Tensão Nominal	38,10
Tensão em Aberto	45,44
Corrente Nominal	8,79
Corrente curto-circuito	9,25
Eficiência	16,95
Dimensões	1992x992x35mm
Peso	22,2 kg

Fonte: *Datasheet* Módulo Fotovoltaico BYD (2019)

3.3.2 Inversores

No kit gerador solar 365, é composto por dois inversores, um inversor da marca Fronius e outro Victron, no qual este último funciona como inversor off-grid e carregador, quando ele perceber a ausência da rede elétrica. No projeto será utilizado um Fronius Primo 5.0-1, monofásico, e com compatibilidade de tensão e corrente com a rede da concessionária. A figura 6 revela o formato e design do inversor e suas características são descritas no quadro 8.

Figura 6 - Inversor Fronius 5kW



Fonte: *Datasheet* Inversor Fronius (2019)

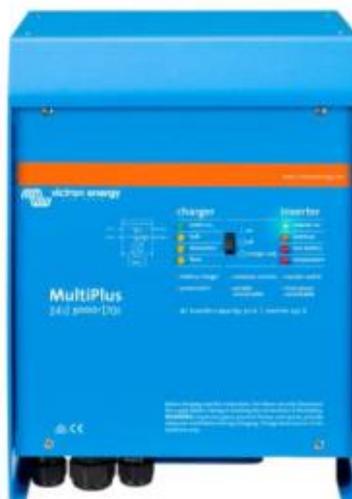
Quadro 8 - Característica do Inversor On-grid Fronius

Fabricante	Fronius
Modelo	5.0-1
Número de Rastreadores	2
Potencia Nominal	5.000W
Potencia Máxima	5000 VA
Tensão Nominal de Entrada	710 V
Tensão Nominal de Saída	220 V
Corrente Máxima por Rastreador	12 A
Tensão Mínima de Entrada	80 V
Tensão Máxima de Entrada	1000 V
Corrente Máxima de Saída	21,7 A
Eficiência	97,8 %
Dimensões	645x341x204 mm
Peso	21,5 kg

Fonte: *Datasheet* Inversor Fronius (2019)

O inversor *off-grid* Victron, que funciona como controlador/carregador, pois quando há falta de energia elétrica da rede ele funciona como alimentador das cargas e caso haja excedente da geração fotovoltaica, tal excesso será destinada as baterias de lítio ferro fosfato. A figura 7 a seguir ilustra o inversor Victron e suas características estão listadas no quadro 9 em sequência.

Figura 7 - Inversor Victron 5 kVA



Fonte: *Datasheet* Inversor Victron (2019)

Quadro 9 - Característica do Inversor Off-Grid Victron

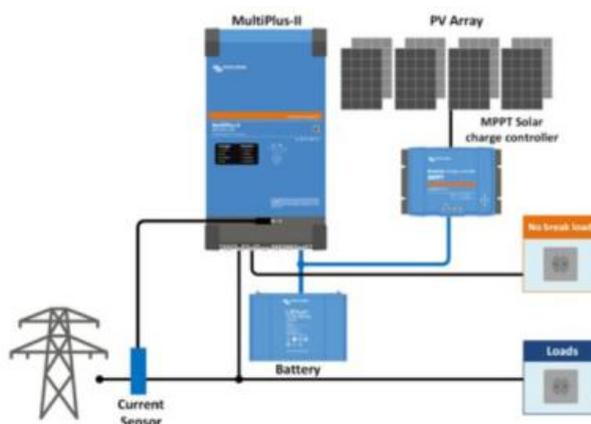
Inversor	
Modelo	PMP485021010
Intervalo da tensão de Entrada CC	38 V a 66 V
Tensão Saída	230 V
Potencia Saída	5000 VA
Pico de Potencia	10000 W
Eficiência	95%
Multiplus	
Tensão de Entrada	48 V
Tensão Saída	230 V
Interruptor de Transferência	32 A
Corrente de Entrada CA	32 A
Carregador	
Entrada CA	187 a 256 V
Tensão de Cara em Absorção	57,6 V
Tensão de Carga em carga Lenta	55,2 V
Modo de Armazenamento	52,8 V
Corrente de Carga de Bateria de Serviço	120/70 A
Dimensões	444x328x240
Peso	30 kg

Fonte: *Datasheet* Inversor Victron (2019)

O inversor victron possui o *powercontrol* e *powerassist* do qual é possível definir uma corrente máxima para a rede elétrica, terá em conta as restantes cargas CA e utilizará o restante para carregar a bateria, evitando sobrecarregar a rede elétrica (Victron, 2019).

Devido sua versatilidade e inteligência, o inversor/carregador Victron permite diversas topologias de conexões de acordo com cada aplicação e necessidades, dentre as topologias podemos destacar: em paralelo para a rede elétrica com controlador de carga MPPT, ideal para cargas críticas do quais não pode ser interrompido o fornecimento de energia em momento algum, ou seja, indicados a consumidores comerciais e industriais. A figura 8 ilustra o sistema de ligação paralelo com a rede com controlador de carga.

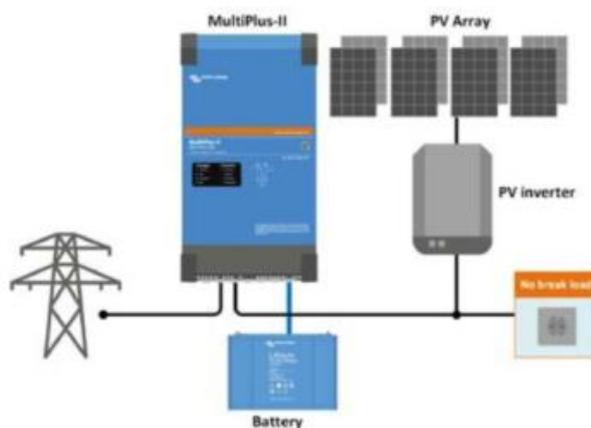
Figura 8 - Topologia Paralelo para a rede elétrica com controlador de carga MPPT



Fonte: *Datasheet* Inversor Victron (2019)

Outra topologia é em linha para a rede elétrica com inversor *on-grid*, em que a energia proveniente do sistema fotovoltaico é convertida diretamente em CA para a carga consumir, e o excedente de energia FV carrega as baterias, como verificada na figura 9 a seguir.

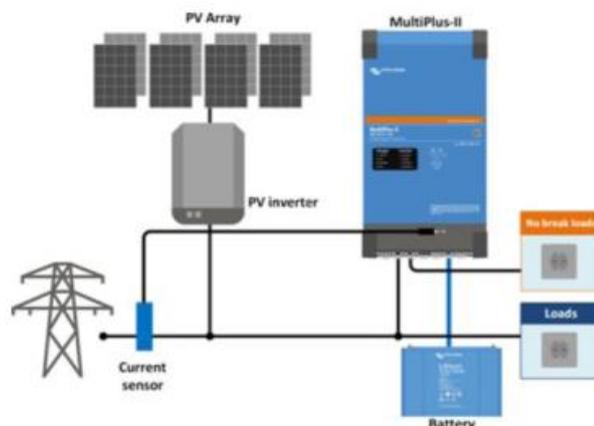
Figura 9 - Topologia em linha para a rede elétrica com inversor *On-grid*



Fonte: *Datasheet* Inversor Victron (2019)

Já para o presente estudo, devido à UC ser residencial, com intuito de minimizar dos transtornos causados pelas quedas e má qualidade de energia da rede, a topologia empregada é em paralelo para a rede com inversor *on-grid*, ou seja, em eventual falta da rede elétrica o sistema de *backup* com as baterias irá atuar de forma eficiente e garantindo o melhor rendimento do sistema. Segue figura 10 para ilustração dessa topologia.

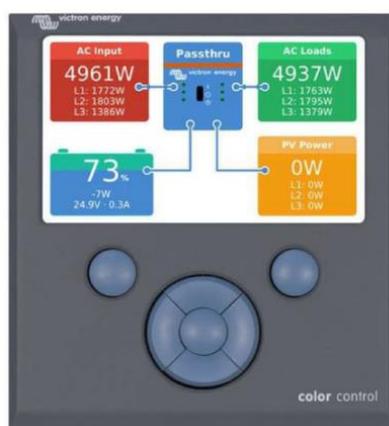
Figura 10 - Topologia Paralelo para a rede elétrica com inversor On-grid



Fonte: *Datasheet* Inversor Victron (2019)

Assim, o inversor *on-grid* vai desligar-se em caso de corte elétrico. Ele utiliza as informações energéticas para otimizar o autoconsumo e se for possível evitar retroalimentação do excesso de energia sola na rede elétrica (Victron, 2019). Ademais, é possível realizar o monitoramento remoto e o controle do sistema pelo painel *color control*, tal painel contabiliza a energia consumida pela carga, a produção do sistema FV e a carga existente no banco de baterias, a figura 11 ilustra o layout do gerenciamento das partes do sistema.

Figura 11 - Painel *Color Controle*



Fonte: *Datasheet* Inversor Victron (2019)

3.3.3 Baterias de Lítio Ferro Fosfato

Para o projeto é necessário duas baterias de lítio ferro fosfato para *backup* durante a noite e possíveis faltas na rede, o modelo da bateria é B-Box Pro, B-Plus, LiFePO₄, 6000

ciclos e com eficiência energética de 95,3%. A figura 12 ilustra a bateria de lítio da BYD, e em sequência as suas características elétricas no quadro 10.

Figura 12 - Bateria BYD 2,56 kWh Lítio Ferro Fosfato



Fonte: *Datasheet* Bateria BYD Lítio Ferro Fosfato (2019)

Quadro 10 - Característica Bateria BYD Lítio Ferro Fosfato

Fabricante	BYD
Modelo	B-Box Compacta 2,5
Tipo de Bateria	LiFePO ₄
Energia Utilizável	2,56 kWh
Potencia máxima de Saída	2,56 kW
Potencia de Pico de Saída	5,12 em 30s
Tensão Nominal	51,2 V
Tensão de Trabalho	43,2 a 56,4 V
Eficiência	95,3%
Dimensão	483x130x478 mm
Peso	34 kg
Garantia	10 Anos

Fonte: *Datasheet* Bateria BYD Lítio Ferro Fosfato (2019)

3.4 Características do Sistema Fotovoltaico

O sistema em estudo está localizado na cidade de Palmas, no Estado do Tocantins, em uma região mais afastada do centro urbano e do qual possui uma má qualidade de energia

fornecida pela concessionária. Como descrito no kit gerador fotovoltaico Aldo 365, projetou-se 20 módulos fotovoltaicos, em que serão instalados no telhado da própria residência, ocupando uma área útil de telhado em 50 m².

Os módulos estarão voltados para a orientação norte, uma vez que o telhado é norte/sul e escolheu-se o norte. A radiação solar horizontal foi obtida do CRESESB (2019), que analisa o local de referência e a radiação solar da região próxima, e obtemos:

Quadro 11 - Irradiação Solar média Mensal de Palmas

MÊS	IRRADIAÇÃO SOLAR MÉDIA MENSAL (kWh/ m ² dia)
Janeiro	5,23
Fevereiro	5,25
Março	4,86
Abril	5,04
Maio	5,06
Junho	5,03
Julho	5,25
Agosto	5,89
Setembro	5,75
Outubro	5,4
Novembro	5,18
Dezembro	5,10
Média Anual	5,26

Fonte: CRESESB(2019)

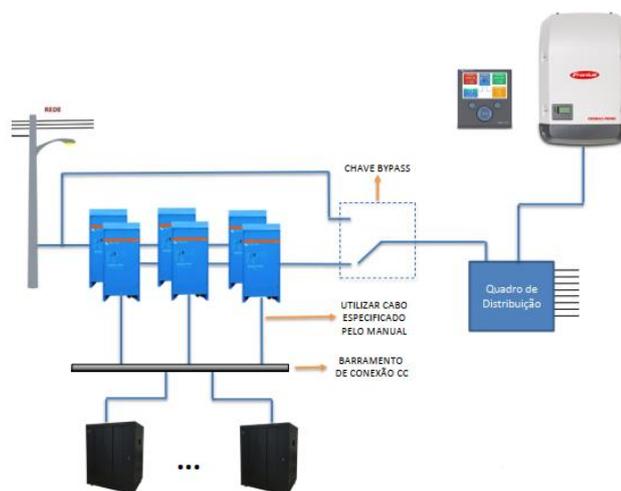
Para o dimensionamento da potencia nominal do sistema fotovoltaico foi utilizado a equação (6), do qual multiplica a potencia de cada módulo, 335W, e quantidade de módulos utilizados no projeto, total de 20.

$$P = P_{\text{módulo}} * N^{\circ} \text{ módulo} = 335W * 20 = 6.700 W \quad (6)$$

Ademais, o sistema tem um armazenamento de energia por meio das baterias que serviram como *backup*, cada bateria tem capacidade de 2,56 kWh, como são duas unidades, totaliza uma capacidade de 5,12 kWh de *backup* nos períodos noturnos e em condições

desfavoráveis de produção FV. Assim, a figura 13 simplificando o sistema FV com *backup* baterias lítio ferro fosfato e as características gerais do projeto fotovoltaico no quadro 12.

Figura 13 - Diagrama de Ligação Simplificado



Fonte: Manual de Instalação Victron e BYD (2019)

Quadro 12 - Característica Gerais do Sistema FV

Características Gerais	
Potencia Nominal FV	6,70 kWp
Energia Baterias	5,12 kWh
Produção Prevista FV mensal	820 kWh
Potencia Inversor Fronius	5 kW
Potencia Inversor Victron	5 kVA
Área ocupada pelo sistema	50 m ²
Tipo de Geração	Monofásica
Sistema Elétrico	Baixa Tensão
Tensão Nominal	220 V
Conexão com a Rede	Monofásico
Concessionária local	Energisa-TO

Fonte: Autor

3.5 Software SAM

O SAM, *system advisor model*, é um software americano de cunho técnico, científico e acadêmico, em que é voltado para estudos e simulações em energia solar fotovoltaico e outras formas de produção elétrica, como eólica e biomassa. Ele elabora e desenvolve uma análise completa sobre o sistema de geração estudado, com possibilidades para sistemas fotovoltaicos *on-grid*, *off-grid* e híbridos. Assim, a figura 14 demonstra o *layout* do *software* versão 2018.

Figura 14 - *Printscreen Software SAM(Location and Resource)*

The screenshot shows the SAM software interface. On the left is a sidebar with navigation options: Photovoltaic, Residential; Location and Resource; Module; Inverter; System Design; Shading and Layout; Losses; Lifetime; Battery Storage; System Costs; Financial Parameters; Incentives; Electricity Rates; Electric Load. At the bottom of the sidebar are buttons for Simulate, Parametrics, Stochastic, P50 / P90, and Macros.

The main content area is titled 'Location and Resource'. It shows a list of weather files with columns for file name, latitude, longitude, elevation, and station ID. The selected file is 'palmas_tocantins_-10.183560_-48.333779_psmv3_60_tmy' with coordinates -10.19, -48.34, elevation 215, and station ID 1883131.

Below the list, there is a section for 'Download Weather Files'. It explains that the NSRDB is a database of thousands of weather files. It offers options to download a default typical-year (TMY) file for most long-term cash flow analyses, or choose files for single-year or P50/P90 analyses. There are radio buttons for 'One location' (selected) and 'Multiple locations', and a checkbox for 'Legacy data (advanced)'. A text input field is for 'Type a location name, street address, or latitude and longitude', and a dropdown is for 'Default TMY file'. A 'Download and add to library...' button is present.

The 'Weather Data Information' section shows details for the selected file: Station ID 1883131, Latitude -10.19 DD, Longitude -48.34 DD, Elevation 215 m, Time zone GMT -3. A note explains that for NSRDB data, the latitude and longitude shown here are the coordinates of the NSRDB grid cell and may differ from the values in the file name.

At the bottom, the 'Annual Averages Calculated from Weather File Data' table is shown:

Annual Averages Calculated from Weather File Data		Optional Data	
Global horizontal	5.69 kWh/m ² /day	Average temperature	25.8 °C
Direct normal (beam)	5.31 kWh/m ² /day	Average wind speed	1.6 m/s
Diffuse horizontal	2.10 kWh/m ² /day	Maximum snow depth	NaN cm
		Annual albedo	0.151625

*NaN indicates missing data.

Fonte: Autor.

Ademais, o *software* estuda a viabilidade e a análise financeira do sistema em estudo, considerando a localidade, tipo de tarifa, tipo de consumidor, os equipamentos, perdas do sistema e a forma de pagamento do projeto. Ao final da simulação, ele apresenta diversos dados e informações do sistema produtor e seu fluxo de caixa com gráficos e tabelas.

4. VIABILIDADE ECONÔMICA E PERSPECTIVA FUTURA

O capítulo tem como intuito realizar a análise da viabilidade econômica de um sistema conectado à rede e um sistema conectado à rede com baterias de lítio ferro fosfato, aumentando o banco de baterias e considerando um consumidor de tarifa branca. Dessa forma, será realizada uma comparação nos indicadores de análise financeira e levantada a importância e perspectiva futura com relação ao sistema *on-grid* com um sistema baterias de *backup*.

4.1 Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid Sem Backup

O kit gerador de energia de potência 6,70 kWp conectado à rede, composto por um inversor fronius primo 5kW e 20 módulos fotovoltaicos BYD, tem custo total de R\$ 24.839, no qual está integrado a este valor os custos de engenharia e instalação do sistema.

Somados a esse custo total são considerados os custos anuais, de manutenção e limpeza dos módulos fotovoltaicos, que considerou 1% do custo total. Ademais, existem os custos relacionados à manutenção do inversor e cabos elétricos ao longo de 25 anos, no qual foram consideradas as garantias oferecidas pelos fabricantes.

Foi levado em consideração também o percentual de decaimento na geração anual dos módulos, 0,8% ao ano, causado devido ao envelhecimento natural do gerador e garantido tal percentual pelo fabricante. Para análise financeira é considerado o aumento na tarifa de energia de 8% ao ano, tal valor baseados nos últimos 5 anos da tarifa local.

Assim, tal gerador FV irá produzir uma média anual de 10.605 kWh, considerando a tarifa do mês de março/2019 vigente da concessionária Energisa-TO e contabilizando as perdas do sistema pelos cabos e conversão, realizado a simulação no SAM, foram obtidos os parâmetros de geração e econômicos do sistema FV sem *backup*. Logo, o quadro 13 expõe os resultados obtidos na simulação computacional.

Quadro 13 - Dados Gerais da Análise Sistema sem *Backup*

Características Gerais	
Produção Anual	10.605 kWh
Capacidade Backup Baterias	0
Preço Sistema	24.839 R\$
Payback Simples	2,5Anos
Payback Descontado	2,7 Anos
Valor Presente Liquido	180.572

Fonte: Autor

4.2 Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kw_p On-Grid com Backup 5,12 Kw_p

De forma análoga ao kit do 4.1 temos a inclusão do sistema de *backup* com as baterias de lítio ferro fosfato, mais inversor victron do qual atua como gerenciador do consumo e geração FV. No kit 6,70 kW_p possui o inversor victron de potencia 5 kVA, e duas baterias com 2,56 kWh cada.

Considerando na simulação a tarifação local da concessionária, as perdas nos cabos CC e CA, bem como as perdas de conversão. O sistema solar 6,70 kW_p com *backup* tem custo total de R\$ 56.209, no qual está integrado a este valor os custos de engenharia e instalação do sistema. Por conseguinte, o quadro 14 demonstra os dados para um kit com *backup* de capacidade 5,12 kWh.

Quadro 14 - Dados Gerais da Análise Sistema com *Backup* 5,12 kWh

Características Gerais	
Produção Anual	10.551 kWh
Capacidade Backup Baterias	5,12 kWh
Preço Sistema	R\$ 56.209
Payback Simples	3,7 Anos
Payback Descontado	4,1 Anos
Valor Presente Liquido	238.419

Fonte: Autor

4.3 Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid com Backup 7,68 Kwp

Mantendo os mesmos parâmetros financeiros e elétricos para a simulação com o kit gerador fotovoltaico 6,70 kWp com baterias de lítio, todavia com uma capacidade de *backup* de 7,68 kWp, ou seja, três baterias de 2,56 kWp cada.

O valor total do sistema com esse aumento na capacidade do banco de baterias, 66.709 reais, em que o valor unitário da bateria adicionada é aproximadamente R\$ 10.000. Sendo assim, foi possível obter novos valores pelo SAM e mostrado no quadro 15.

Quadro 15 - Dados Gerais da Análise Sistema com *Backup* 7,68 kWh

Características Gerais	
Produção Anual	10.540 kWh
Capacidade Backup Baterias	7,68 kWh
Preço Sistema	R\$ 66.709
Payback Simples	4,3 Anos
Payback Descontado	4,9 Anos
Valor Presente Liquido	232.856

Fonte: Autor

4.4 Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid Com *Backup* 10,24 Kwp

Já para um sistema de potência FV 6,70 kWp, e capacidade energética de *backup* 10,24 kWh. Temos um valor total final desse sistema de R\$ 77.009. Dessa forma, o quadro 16 mostra os seguintes dados:

Quadro 16 - Dados Gerais da Análise Sistema com *Backup* 10,24 kWh

Características Gerais	
Produção Anual	10.529 kWh
Capacidade Backup Baterias	10,24 kWh
Preço Sistema	R\$ 77.009
Payback Simples	4,9 Anos
Payback Descontado	5,6 Anos
Valor Presente Liquido	227.259

Fonte: Autor

4.5 Kit Gerador Fotovoltaico 6,70 Kwp On-Grid Com *Backup* e Tarifa Branca

Seja nesse tópico um consumidor de baixa tensão, do qual tem a tarifa branca, ou seja, tarifa diferenciada durante horários de ponta, uma hora antes e depois da hora ponta, e horário fora de ponta. Nesse cenário, a funcionalidade das baterias de lítio ferro fosfato será apenas nos horário intermediário e fora de ponta da tarifa branca, ou seja, das 17 horas às 22 horas do dia.

A tarifa branca é uma nova opção de cobrança que possibilita ao cliente a possibilidades de pagar valores diferentes em função da hora que consome energia elétrica. A medida não é obrigatória, é um incentivo para que os consumidores readéquem o consumo nos horários de ponta para rede de distribuição. (Energisa-TO,2019).

Ainda segundo esta concessionária, a tarifa do tipo residencial B1, é 1,3140 R\$/kWh no horário ponta, 0,8181 R\$/kWh nas horas intermediarias, e 0,4909 R\$/kWh para os horários fora de ponta e final de semana.

Logo, foram obtidos no SAM e expresso no quadro 17 os resultados para esse tipo de tarifa.

Quadro 17 - Dados Gerais da Análise Sistema com *Backup* e Tarifa Branca

Características Gerais	
Produção Anual	10.394 Kwh
Capacidade Backup Baterias	5,12 kWh
Preço Sistema	R\$ 56.209
Payback Simples	5,1 Anos
Payback Descontado	6 Anos
Valor Presente Liquido	156.917

Fonte: Autor

4.6 Comparações dos Casos Simulados

Diante dos casos simulados no programa SAM, dos quais foi possível contabilizar a produção, configurações e os retornos financeiros de cada caso. Assim, o quadro 18, compara de forma resumida todas as situações observadas no capítulo 4 deste trabalho.

Quadro 18 - Comparação dos Casos Simulados

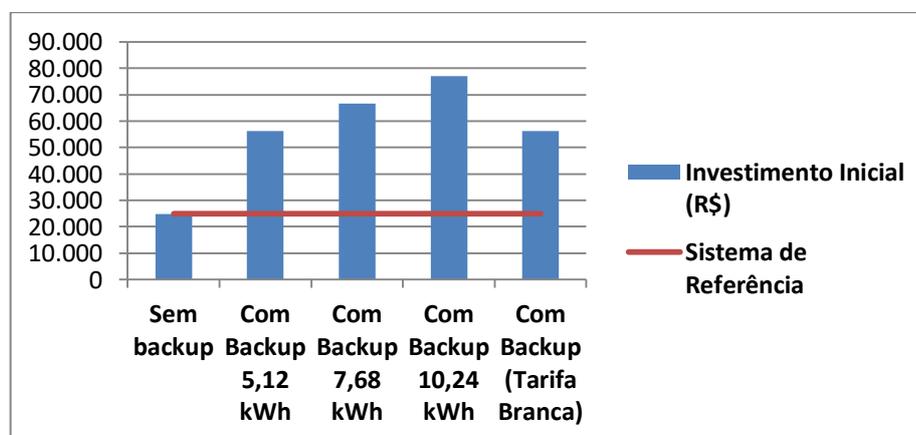
Casos	Potencia FV (kWp)	Backup (kWh)	Preço Total (R\$)	Reais/Wp	Payback Simples (Ano)	Payback Descontado (Ano)	VPL (R\$)
Sem Backup	6,70	0	24.839	3,70	2,5	2,7	180.572
Com Backup	6,70	5,12	56.209	8,38	3,7	4,1	238.419
Com Backup	6,70	7,68	66.709	9,95	4,3	4,9	232.856
Com backup	6,70	10,24	77.009	11,49	4,9	5,6	227.259
Com Backup (Tarifa Branca)	6,70	5,12	56.209	8,38	5,1	6	156.917

Fonte: Autor

Diante do exposto no quadro 18, realizou-se a exposição dos resultados obtidos da simulação computacional, as variáveis de análise foram a capacidade do *backup*, preço final do sistema, retorno de investimento e o VPL.

Nesse cenário, ainda em termos comparativos, na forma de gráficos nas figuras 15 e 16, são notórias as diferenças de preços totais dos sistemas, bem como os seus retornos financeiros em cada caso.

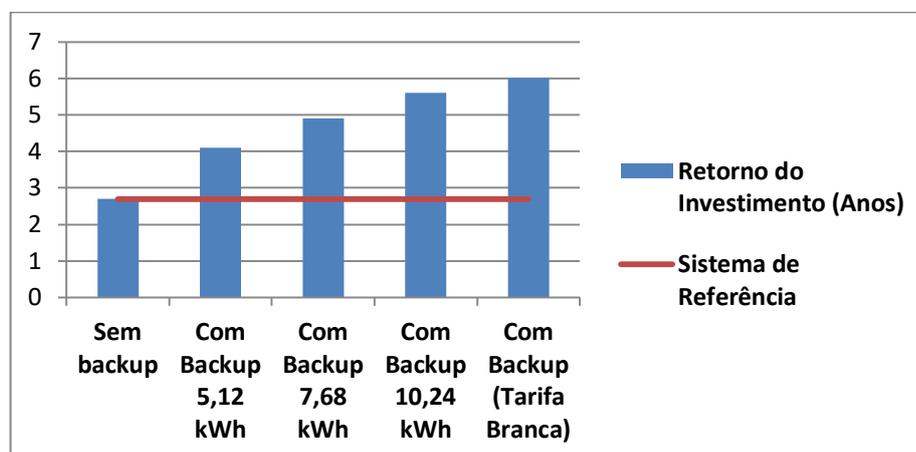
Figura 15 - Comparativo dos Investimentos Iniciais



Fonte: Autor

Tomada o sistema sem *backup* como referência, o investimento inicial de um sistema com backup de baterias de lítio ferro fosfato é mais do que duas vezes essa referência. Na figura 16, o comparativo é relacionado ao retorno de investimento dos casos simulados.

Figura 16 - Comparativo dos Retornos de Investimentos



Fonte: Autor

De acordo com o gráfico da figura 16, à medida que aumenta o tamanho do sistema nos sistemas sem *backup*, com backup de 5,12 kWh, 7,68 kWh e 10,24 kWh, o retorno do investimento também aumenta, já que o preço total do sistema aumenta. No último caso, é inserido a tarifa branca no sistema de *backup* de 5,12 kWh, e há novamente uma aumento no retorno de investimento, saindo de 4,1 anos para 6 anos, causado pelo fato do *backup* atuar apenas nos horários específicos da tarifa, ou seja, das 17 horas até as 22 horas.

4.7 Perspectiva Futura

É notório, de acordo com custos totais de um sistema com *backup* de baterias de lítio ferro fosfato, de porte residencial, visto neste capítulo, que o alto valor final deste sistema quando comparado com o sistema conectado à rede sem *backup* de baterias. Pelo quadro 18, o preço final de um sistema com *backup* e um sistema de mesma potencia sem baterias é mais do que o dobro.

Todavia, o próprio sistema SFCR há alguns anos também constava de um alto investimento inicial, bem como os módulos FV, um dos principais equipamentos de um

sistema fotovoltaico. A figura 14 demonstra o caimento do preço do módulo FV desde o ano de 2010 até o ano de 2017.

Figura 17 - Valores em \$ por Wp de um Módulo FV



Fonte: NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY (2017)

Dessa forma, é possível verificar a diminuição do preço de uma tecnologia ao longo dos anos, sobretudo, à medida que essa tecnologia vai ingressando na população. De forma análoga, é a mesma perspectiva com o sistema SFCR com *backup* de baterias, do qual o produtor de energia terá menos dependência energética da concessionária, em que terá energia FV durante todos os dias do ano, mesmo com as faltas no fornecimento elétrico ou em dias chuvosos e com baixa irradiação solar.

5. CONCLUSÕES

Através do estudo sobre um SFCR com *backup* de baterias de lítio ferro fosfato, o gerador solar 365, foi possível atingir o objetivo central deste trabalho do qual é apresentar uma nova opção de geração mais segura e independente da rede elétrica, além de realizar um estudo comparativo de análise financeira por meio de simulações computacionais com esse tipo de sistema.

Devido à proteção do sistema anti-ilhamento em que o gerador FV deve desconectar-se da rede na falta eventual de energia elétrica, irregularidades e oscilações de tensões no fornecimento energético da concessionária. Assim, um sistema com *backup* de baterias é uma solução para consumidores residenciais e comerciais, sobretudo aqueles que possuem cargas do quais não podem ser interrompido o fornecimento de energia. Sendo este um dos motivos pela criação e comercialização de um sistema FV conectado à rede com *backup*.

Tal sistema utiliza as principais características do sistema *on-grid* e *off-grid*, e nesse sentido ele utiliza na sua produção dois inversores, um conectado à rede para o abatimento na fatura mensal de energia, ao passo o outro inversor tem como intuito gerenciar de forma inteligente a energia advinda das baterias de lítio fosfato.

Baterias estas de composição lítio ferro fosfática, cujo desempenho é bem maior quando comparado às baterias convencionais e até mesmo as baterias próprias para energia solar, às estacionárias. Assim, de acordo com o fabricante, elas possuem 6.000 ciclos de vida, com garantia de fábrica 10 anos, suporta uma avalanche térmica de 480°C e registro de mais de seis anos de aplicações em grande escala nos veículos elétricos.

Os resultados apresentados neste trabalho mostram um comparativo de custos de implantação, a capacidade dos bancos de baterias e os retornos financeiros para cada caso simulado por meio do *software SAM*. Dessa forma, comparando um sistema de mesma potência FV e condições, um com e sem *backup* de baterias de lítio ferro fosfato, é constatado que o preço final daquele é mais do que duas vezes um sistema sem *backup*. Sendo o *payback* descontado para o gerador com *backup* de 4,1 anos e o gerador sem baterias com 2,7 anos.

Desse modo, percebeu-se que os sistemas com *backup* possuem maiores valores de investimentos iniciais, no entanto apresentam retornos de investimentos na faixa de 4 anos a 6 anos, tempos estes considerados interessantes pela literatura econômica.

Para um consumidor em que sua tarifa é do tipo branca, e o mesmo opta por implantar um produtor FV conectado à rede para atuar durante o dia, e as baterias funcionarem apenas nos períodos em que está submetido os horários intermediários e de ponta, contabilizados das 17 horas às 22 horas dos dias da semana. Logo, o resultado foi um *payback* maior com relação a um sistema de baterias em que está na tarifa convencional da Energisa-TO. Tal explicação é devida apenas à utilização do *backup* em horários específicos e cuja tarifa fora de ponta se tornar menor que a tarifa convencional para consumidor residencial monofásico.

Então, por meio da análise financeira é percebido um alto investimento para a implantação de um sistema SFCR com *backup*, todavia na mesma perspectiva quando a partir de 2010 o preço do módulo diminuiu permitindo o maior acesso da população a essa tecnologia, o presente trabalho também projeta uma diminuição e maior inserção dessa tecnologia na área da energia solar fotovoltaica conectada à rede.

Finalmente o trabalho realizado espera uma contribuição no que tange ao incentivo e maior conhecimento desse tipo de tecnologia FV, contribuindo assim para a economia do consumidor final, o desenvolvimento sustentável e principalmente o desafogo no consumo das redes elétricas das concessionárias. E que o trabalho possa servir de motivação e inspiração para continuidade de estudo nessa área e demais tecnologias nos setores da energia solar fotovoltaica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDO SOLAR. **Catalogo Aldo Solar – do Lado de quem quer chegar lá**. Paraná. Pag. 7, 2018.

_____. **Kit Gerador de Energia 365 com Bateria**. Disponível em: <<http://www.aldo.com.br/Produto/?c=48780&d=gerador-de-energia-365-com-bateria-aldo-solar-GF-6700M365>>. Acesso em: 11 mar. 2019

_____. **Datasheet Módulo Fotovoltaico BYD**. Disponível em: <<http://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto44858IdArquivo25412.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2019

_____. **Datasheet Bateria BYD Lítio Ferro Fosfato**. Disponível em: <<http://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto39675IdArquivo18114.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2019

_____. **Manual de instalação Victron e BYD**. Disponível em: <<http://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto39759IdArquivo25579.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2019

ALVES, D. L. **Geração Solar Fotovoltaica – Conceitos Básicos**. Versão 0.9.1. Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/dennysalves/disciplinas/energia-solar-fv/apostila_geracao_solar_fv_0.9.1>. Acesso em: 08 Out. 2018.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Unidades consumidoras com geração distribuída**. 2019. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Classe.asp>. Acesso em: 15 abri. 2019.

_____. **Resumo por tipo de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp>. Acesso em: 15 abri. 2019

_____. **Micro e Minigeração Distribuída**. 2ed. Brasília. 2016 Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Miniger>>

a%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em: 06 set. 2018.

_____. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias> >. Acesso em: 13 fev. 2019

_____. **Regulação dos serviços de distribuição**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/regulacao-dos-servicos-de-distribuicao> >. Acesso em: 15 abr. 2019

APARECIDA, E.F.A.F. **Energia Solar Fotovoltaico: Fundamentos, conversão e viabilidade técnica-econômica**. GEPEA poli USP. Produção de Energia, PEA -2420. São Paulo.2012. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf> . Acesso em: 02 out. 2018.

BRASIL. Resolução Normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica, de 17 de Abril de 2012. **Diário Oficial da União**, seção 1, p. 53, 19 abr. 2012.

BRASIL. Resolução Normativa nº 687 da Agência Nacional de Energia Elétrica, de 24 de novembro de 2015. **Diário Oficial da União**, seção 1, p. 45, 02 dez. 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 3: Acesso ao Sistema de Distribuição. Versão 7 de 01/06/2017**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/PRODIST-M%C3%B3dulo3_Revis%C3%A3o7/ebfa9546-09c2-4fe5-a5a2-ac8430cbca99 >. Acesso em 01 ago. 2018.

CEPEL; CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro:[s.n.],2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/manual_de_engenharia_fv_2014.pdf>. Acesso em: 30 de set. de 2018.

COPETTI, J.B; MACAGNAN, M.H. Baterias em sistemas solares fotovoltaicos. **Anais do VI Congresso Brasileiro de Energia Solar**, Fortaleza, 8-11 abril. 2007.

CRESESB. CRESESB. **Sistema de Geração Fotovoltaica**, 2013. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=cse_sistema_fotovoltaico>. Acesso em: 29 set. 2018.

CRESESB. CRESESB. **Potencial Solar**. 2013. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

ENERGISA. **NDU 013 - Critérios Para Conexão de Acessantes de Geração Distribuída Ao Sistema de Distribuição Para Conexão Em Baixa Tensão**. Energisa Rede Energia. Palmas-TO. Pag. 42, 2018.

ENERGISA. **Tarifa Branca**. Energisa Rede Energia. Palmas-TO. 2019. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/sua-conta/tarifa-branca.aspx>>. Acesso em: 04 mar. 2019.

EUDORA SOLAR. **Curso de Energia Solar Fotovoltaica**. 2015. Campinas –SP. 2015.

EXATEL ENERGIA E TELECOMUNICAÇÕES. **Qual sistema solar instalar: on grid ou off grid ?**. 2018. Disponível em: <http://exatel.com.br/site/wp-content/uploads/2017/11/on_grid.png>. Acesso em: 20 set. 2018.

FF SOLAR ENERGIA RENOVÁVEIS. **Sistemas Autônomos**. 2018. Disponível em: <<http://www.ffiolar.com/index.php?lang=PT&page=sistemas-autonomos>>. Acesso em: 02 out 2018.

FRONIUS. **Inversor Fronius Primo**. Disponível em: <<https://www.fronius.com/pt-br/brasil/energia-solar/produtos/todos-os-produtos/inversor/fronius-primo/fronius-primo-5-0-1>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

GESSER,H.C. Contabilizando com a Administração e a Economia – **Análise de Investimento**. São Paulo. (Apostila).2018. Disponível em: <<https://profhubert.yolasite.com/resources/Apostila%20An%20Investimentos%20CRCSC.PDF>>. Acesso em: 29 nov 2018.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios da administração financeira**. 12ª ed. São Paulo: Pearson, 2010, 775p.

IEEE Std 1547. **IEEE standard for interconnecting distributed resources with electrical power systems**. IEEE, v. 1, n. 1, 2003. Disponível em: <https://standards.ieee.org/standard/1547-2003.html>>. Acesso em: 22 set. 2018.

INEE. **Pelo desenvolvimento da geração distribuída no Brasil – Forum de cogeração**. Julho de 2013. Versão 30/7. Disponível em: <http://www.inee.org.br/down_loads/forum/estudo_GD.pdf>. Acesso em: 24 set. 2018.

INOVACARE SOLAR. **Distribuidor Growatt no Brasil** . 2018. Disponível em:<<http://www.inovacare.solar/tecnologia>>. Acesso em: 28 set. 2018.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **U.S Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017**. September. p.12. 2017.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, v. 1, 2006.

PINHO, J. T. et al. **Sistemas Híbridos - Soluções energéticas para a Amazônia**. 1º. ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. Disponível em:<https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016.

RUTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis – SC, 1ª edição. Editora UFSC, 2004.

SEBRAE. **Análise e Planejamento Financeiro** – Manual do Participante. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa. Brasília, 2011.

SOUSA, Aline Pereira de. **Estudo da viabilidade econômica para a implementação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede na Universidade Federal do Tocantins – Campus Palmas**.2018. 68f. Monografia Graduação(Engenharia Elétrica). UFT, Palmas, 2018.

VICTRON ENERGY. **Inversor Carregador Multiplus**..Disponível em:<
<https://www.victronenergy.pt/upload/documents/Datasheet-MultiPlus-inverter-charger--800VA-5kVA-PT.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.

ZILLES, R. et al. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

ANEXOS

Anexo 1 – Datasheet Módulo Fotovoltaico BYD 335



18.8%

Potência máxima de 340W
Eficiência celular média de até 18.8%
EVA de alta transmitância até 92%

\$
Custo

Geração de energia até 3% maior
comparado aos módulos convencionais

10
Anos

10 anos para o produto
25 anos de garantia linear

Grid

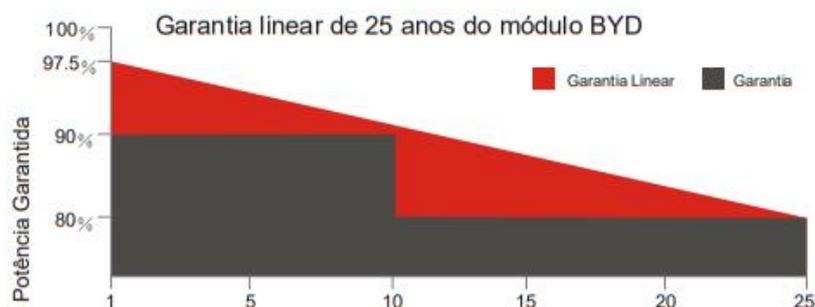
Sistemas em telhados residenciais
Sistemas comerciais On e Off-grid
Sistemas utilitários On e Off-grid

ALTA
Confiabilidade

Sem degradação induzida por potencial (PID)
Sem descoloração associada às microfissuras
Resistência de 5400Pa para neve
Resistência de 2400Pa para ventos
Menor temperatura de ponto quente (hot spot)
Meia célula é adotada para reduzir a perda
por incompatibilidade de potência

Certificação

IEC 61215, IEC 61730, UL1701
ISO9001:2008, ISO14001:2004

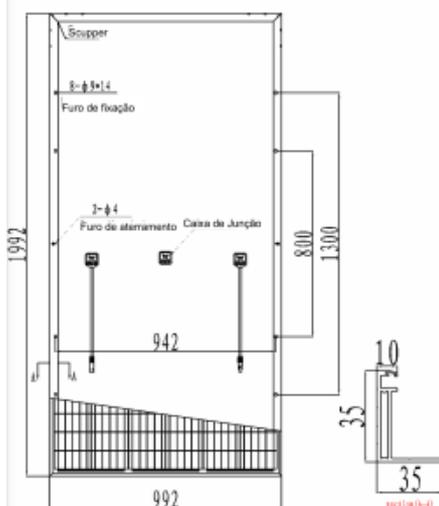


SOBRE A BYD

BYD (HK: 1211), uma das melhores fabricantes de FV do mundo, produz desde o wafer até o módulo, comprometida com produtos sustentáveis de qualidade e melhoria contínua. A integração de Veículos Elétricos e Tecnologia de Armazenamento de Energia em Baterias faz da BYD a líder mundial em soluções desde a geração de energia até o armazenamento e consumo.

PHK-36-SERIES-5BB

325-340W



ESPECIFICAÇÕES MECÂNICAS

Célula	5 Bus Bar meia célula 156.75x78.375mm
No. de Células	144 (6 × 24) pcs
Dimensões do módulo	1992 mm × 992 mm × 35 mm / 78.43 pol × 39.06 pol × 1.38 pol
Peso	22.2 kg / 48.84 lbs
Vidro Frontal	3.2 mm vidro temperado com revestimento AR
Moldura	Liga de Alumínio Anodizado
Caixa de Junção	ZH011-B-5, TS03-13B
Plug Conector	43, <
Diodos de Bypass	3 pcs
Tipo de Conector	Compatível com MC4
Corrente Máxima do Fusível	15 A
Área da Secção do Cabo	4 mm ² / 0.0062 pol ²
Comprimento do Cabo	2V810 mm / 2V .72 pol <

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Temperatura de Operação Nominal (NOCT)	43°C ± 2°C
Coefficiente da Temperatura da CC	0,066%/°C
Coefficiente da Temperatura da CC	-0,30%/°C
Coefficiente de Temperatura no Pico de Potência	-0,37%/°C

ESPECIFICAÇÃO ELÉTRICA

Tipo de Módulo	325PHK-36	330PHK-36	335PHK-36	340PHK-36
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	44.94 V	45.19 V	45.44 V	45.69 V
Tensão Máxima de Operação (Vmp)	37.57 V	37.83 V	38.10 V	38.36 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	9.14 A	9.2 A	9.25 A	9.31 A
Corrente Máxima de Operação (Imp)	8.65 A	8.72 A	8.79 A	8.86 A
Potência Máxima em STC (Pmax)	325 Wp	330 Wp	335 Wp	340 Wp
Eficiência do Módulo	16.4 %	16.7 %	17.0 %	17.2 %
Temperatura de Operação	H80°C MB1C			
Tensão Máxima do Sistema	1500 Vcc			

STC: IRRADIAÇÃO 1000W/m²; Temperatura do Módulo 25°C AM=1.5

INFORMAÇÕES DA EMBALAGEM

Embalagem	80'HC
Pcs / Pallet	=0
Pallet / Container	22
Pcs / Container	;0



BYD SOLAR

Anexo 2 – Datasheet Inversor Fronius Primo 5.0-1

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

Fronius
SHIFTING THE LIMITS

FRONIUS PRIMO

/ O inversor comunicativo para gerenciamento de energia otimizada








/ Tecnologia SnapInverter / Interface WLAN / SuperFlex Design / Dynamic Peak Manager / Smart Grid Ready

/ O Fronius Primo com categorias de potência 3,0-8,2 kW completa perfeitamente a família SnapInverter. Este monofásico sem transformador é o inversor ideal para residências. Seu design inovador SuperFlex proporciona máxima flexibilidade na concepção do sistema, enquanto o sistema de montagem SnapInverter torna a instalação e manutenção mais fácil do que nunca. O pacote de comunicação padrão, inclui WLAN, gestão de energia, várias interfaces e muito mais, além disso, faz do Fronius Primo um inversor comunicativo aos usuários.

DADOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (5.0-1, 5.0-1 AUS, 6.0-1, 8.2-1)

DADOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Max. corrente de entrada (Idc max1 / Idc max2)	12,0 A / 12,0 A		18,0 A / 18,0 A	
Max. conjunto corrente curto-circuito (MPP1 / MPP2)	18,0 A / 18,0 A		27,0 A / 27,0 A	
Min. tensão de entrada (Udc min)			80 V	
Feed-in tensão de entrada (Udc start)			80 V	
Tensão nominal de entrada (Udc,r)			710 V	
Max. tensão de entrada (Udc max)			1.000 V	
Faixa de tensão MPP (Umpp min - Umpp max)		240 - 800 V		270 - 800 V
Número de rastreadores MPP		2		
Número de conexões CC		2 + 2		
DADOS DE SAÍDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Tensão nominal de saída (Pac,r)	5.000 W	4.600 W	6.000 W	8.200 W
Max. potência de saída	5.000 VA	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Max. corrente de saída (Iac max)	21,7 A	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Conexão a rede (faixa de tensão)		1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)		
Frequência		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)		
Distorção harmônica total		< 5 %		
Fator de potência (cos φ ac,r)		0,85 - 1 incl. / cap.		
DADOS GERAIS	PRIMO 5.0-1	PRIMO 5.0-1 AUS	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensões (height x width x depth)		645 x 431 x 204 mm		
Peso		21,5 kg		
Grau de proteção		IP 65		
Classe de proteção		1		
Categoria de sobrecarga (CC,CA) ¹		2 / 3		
Consumo noturno		< 1 W		
Design do inversor		Transformerless		
Resfriamento		Regulated air cooling		
Instalação		Indoor and outdoor installation		
Faixa de temperatura ambiente		-40 - +55 °C		
Umidade relativa permitida		0 - 100 %		
Max. altitude		4.000 m		
Tecnologia de conexão		2 x DC=1, 2x DC=2 and 4x DC para fusos terminais 2,5 - 16 mm ²		
Tecnologia de conexão rede		3-pin CA de parafusos terminais 2,5 a 16 mm ²		
Certificados	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, ABNT NR 16149			

¹De acordo com IEC 62109-1. Sujeito a modificações

Anexo 3 – Datasheet Inversor/Carregador Victron MultiPlus



MultiPlus
24/3000/70



MultiPlus Compact
12/2000/80

Duas saídas CA

A saída principal dispõe da função "no-break" (sem interrupção). O MultiPlus encarrega-se do fornecimento às cargas ligadas em caso de apagão ou de desconexão da rede elétrica/gerador. Isto é feito tão rapidamente (menos de 20 ms) que os computadores e os outros equipamentos eletrónicos continuam a funcionar sem interrupção.

A segunda saída só está ativa quando chega alimentação CA à uma das entradas do MultiPlus. A esta saída podem ser ligados aparelhos que não descarreguem a bateria como, por exemplo, um esquentador (segunda saída disponível apenas nos modelos com uma potência nominal de 3 kVA e superior).

Potência praticamente ilimitada graças ao funcionamento em paralelo

Podem funcionar em paralelo até seis Multis para obter uma maior potência de saída. Seis unidades 24/5000/120, por exemplo, proporcionarão uma potência de saída de 25 kW/30 kVA e uma capacidade de carga de 720 A.

Capacidade trifásica

Além da ligação em paralelo, podem ser configuradas três unidades do mesmo modelo para uma saída trifásica. Mas isto não é tudo: podem ser ligados em paralelo até seis grupos de três unidades que proporcionarão uma potência de saída de 75 kW/90 kVA e mais de 2000 A de capacidade de carga.

PowerControl – Potência limitada do gerador, do cais ou da rede elétrica

O Multi é um carregador de baterias muito potente. Por conseguinte, usará muita corrente do gerador ou da rede do cais (quase 10 A por cada Multi de 5 kVA a 230 VCA). O Painel Multi Control pode definir uma corrente máxima proveniente do gerador ou do cais. O MultiPlus terá em conta as outras cargas CA e utilizará a corrente restante para realizar o carregamento, evitando assim sobrecarregar o gerador ou a rede de cais.

PowerAssist – Aumento da capacidade elétrica do cais ou do gerador

Esta função transporta o princípio de PowerControl para outra dimensão. Permite que o MultiPlus complemente a capacidade da fonte alternativa. Se for necessário um pico de potência durante um curto espaço de tempo, como acontece frequentemente, o MultiPlus compensa imediatamente com a bateria a eventual falta de potência da corrente de cais ou do gerador. Quando a carga diminuir, a potência restante será utilizada para recarregar a bateria.

Energia solar: Potência CA disponível mesmo durante uma falha da rede elétrica

Os MultiPlus podem ser utilizados sem ligação à rede elétrica, bem como uma aplicação PV ligada à rede e com outros sistemas de energia alternativos.

Está disponível o *software* de deteção da perda de rede elétrica.

Configuração do sistema

- Numa aplicação autónoma, a configuração pode ser alterada em alguns minutos com um novo procedimento de configuração do comutador DIP.
- As aplicações de fase paralela e trifásicas podem ser configuradas com o *software* Quick Configure e VE.Bus System Configurator.
- As aplicações de autoconsumo, interativas com a rede e fora da rede, que envolvam inversores de ligação à rede ou carregadores solares MPPT podem ser configurados com os Assistentes (*software* dedicado para aplicações específicas).

Controlo e Monitorização no Local

Há várias opções disponíveis: Monitor de Bateria, Painel de Controlo Multi, Painel Ve.Net Blue Power, Painel Color Control, *smartphone* ou *tablet* (Bluetooth Smart), portátil ou computador (USB ou RS232).

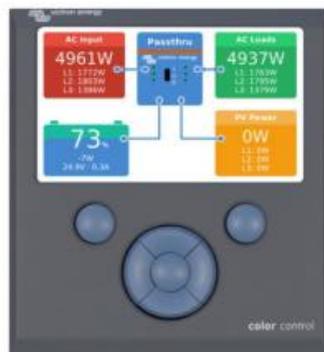
Controlo e Monitorização Remota

Victron Ethernet Remote, Venus GX e o Painel Color Control Panel.

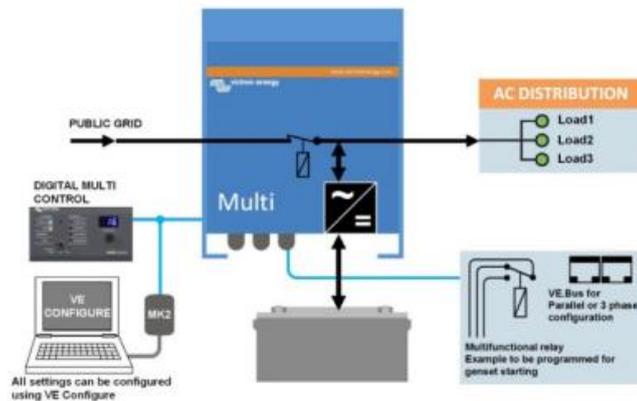
Os dados podem ser guardados e visualizados no nosso *site* VRM (Gestão Remota Victron) de forma gratuita.

Configuração Remota

Se estiverem ligados por uma Ethernet, é possível aceder e alterar as configurações dos sistemas com o painel Color Control.



Painel Color Control, que mostra
uma aplicação PV





MultiPlus	12 V 24 V 48 V	C 12/800/35 C 24/ 800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
PowerControl		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
PowerAssist		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Comutador de transferência (A)		16	16	16	30	16 ou 50	100
INVERSOR							
Intervalo da tensão de entrada (VCC)	9,5V a 17V 19V a 33V 38V a 66V						
Saída	Tensão de saída: 230 VCA ± 2% Freqüência: 50 Hz ± 0,1% (1)						
Potência cont. de saída a 25°C (VA) (3)	800	1200	1600	2000	3000	5000	
Potência cont. de saída a 25°C (W)	700	1000	1300	1600	2400	4000	
Potência cont. de saída a 40°C (W)	650	900	1200	1400	2200	3700	
Potência cont. de saída a 65°C (W)	400	600	800	1000	1700	3000	
Pico de potência (W)	1600	2400	3000	4000	6000	10 000	
Eficiência máxima (%)	92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95
Consumo em vazio (W)	8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35	
Consumo em vazio em modo de poupança (W)	5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30	
Consumo em vazio em modo de procura (W)	2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15	
CARREGADOR							
Entrada CA	Intervalo da tensão de entrada: 187 VCA a 265 VCA Freqüência de entrada: 45 Hz a 65 Hz Fator de potência: 1						
Tensão de carga de "absorção" (VCC)	14,4 / 28,8 / 57,6						
Tensão de carga de flutuação (VCC)	13,8 / 27,6 / 55,2						
Modo de armazenamento (VCC)	13,2 / 26,4 / 52,8						
Corrente de carga bateria de serviço (A) (4)	35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70	
Corrente de carga - bateria de arranque (A)	4 (só modelos de 12V e 24 V)						
Sensor de temperatura da bateria	Sim						
GERAL							
Saída auxiliar (5)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Sim (16A)	Sim (25 A)	
Relé programável (6)	Sim						
Proteção (2)	a - g						
Porta de comunicação VE.Bus	Para funcionamento paralelo e trifásico, supervisão remota e integração do sistema						
Porta de comunicação multissus	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Sim	Sim	
On/Off Remoto	Sim						
Características comuns	Temperatura de funcionamento: -40°C a +65°C (refrigerado por ar) Humidade (sem condensação): máx. 95%						
CAIXA							
Características comuns	Material e Cor: alumínio (azul RAL 5012) Classe de proteção: IP 21						
Ligações da bateria	Cabos de bateria de 1,5 m Pernos M8 Quatro pernos M8 (2 positivos e 2 negativos)						
Ligação 230 VCA	Conector G-ST181 Abraçadeira de mola Terminais de parafuso de 13 mm ² (6 AWG) Pernos M6						
Peso (kg)	10	10	10	12	18	30	
Dimensões (al x la x pr em mm)	375x214x110 520x255x125 362x258x218 444x328x240						
NORMAS							
Segurança	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, IEC 62109-1						
Emissões/Imunidade	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3						
Veículos rodoviários	Modelos de 12V e 24V: ECE R10-4						
Controlo do isolamento (standing)	Ver no nosso site						
1) Pode ser configurada em 60 Hz: 120 V/60 Hz se for solicitado	3) Carga não linear, fator de pico 3:1						
2) Códigos de proteção:	4) a 25 °C de temperatura ambiente						
a) curto-circuito de saída	5) Desativa quando não existe fonte CA disponível						
b) sobrecarga	6) Relé programável 5A que pode ser configurado para alarme, geral						
c) tensão da bateria demasiado alta	subtensão CC ou função de arranque/paragem do gerador						
d) tensão da bateria demasiado baixa	Capacidade nominal CA: 230 V/4 A						
e) temperatura demasiado alta	Capacidade nominal CC: 4 A até 35 VCC, 1 A até 60 VCC						
f) 230 VCA na saída do inversor							
g) ondulação da tensão de entrada demasiado alta							



Panel Multi Control Digital
Uma solução económica e prática de monitorização remota que inclui um botão rotativo para regular os níveis Power Control e Power Assist.



Panel Blue Power
Para ligar a um Multi ou Quattro e a todos os dispositivos VE.Net, nomeadamente o Controlador de Bateria VE.Net. Representação gráfica de correntes e tensões.

Operação controlada e monitorada por computador

Várias interfaces estão disponíveis:



Color Control GX
Proporciona monitorização e controlo, de forma local e remota, no [Portal VRM](#).



MK3-USB VE.Bus interface para USB
USB port conecta-se a um port (veja [Um guia do VFCConfigure](#))



VE.Bus interface para NMEA 2000
Liga o dispositivo a uma rede eletrónica marinha NMEA2000. Consulte o [guia de integração NMEA2000 e MFD](#)



Monitor de Bateria BMV-700
O monitor de baterias BMV-700 dispõe de um avançado sistema de controlo por microprocessador, combinado com um sistema de medição de elevada resolução da tensão da bateria e da carga/descarga de corrente. Além disto, o software inclui algoritmos de cálculo complexos, como a fórmula de Peukert, para determinar exactamente o estado da carga da bateria. O BMV-700 mostra seletivamente a tensão, a corrente, os Ah consumidos ou o tempo restante de carga da bateria. O monitor também guarda uma variedade de dados relacionados com o rendimento e a utilização da bateria. Há vários modelos disponíveis (consultar a documentação do monitor de baterias).

Anexo 4 – Datasheet Inversor/Carregador Victron MultiPlus II



Um MultiPlus, mais a função ESS (Sistema de Armazenagem de Energia)

O MultiPlus-II combina as funções do MultiPlus e do MultiGrid. Tem todas as funcionalidades do MultiPlus, além de uma opção de sensor de corrente externo que amplia a função de PowerControl e PowerAssist até 32 A. Também inclui todas as funções do MultiGrid com controle de Isolamento Integrado.

PowerControl e PowerAssist - Aumento da capacidade da rede ou do gerador elétrico

É possível definir uma corrente máxima para a rede elétrica ou para o gerador. O Multi terá em conta as restantes cargas CA e utilizará a corrente suplementar para carregar a bateria, evitando assim sobrecarregar o gerador ou a rede elétrica (função PowerControl).

O Power Assist transporta o princípio de PowerControl para outra dimensão. Se for necessário um pico de potência durante um período limitado, como acontece frequentemente, o Multi compensa a energia insuficiente do gerador, do gás ou da rede elétrica com a energia da bateria. Quando a carga diminuir, a energia excedente será utilizada para recarregar a bateria.

ESS: Sistemas de Armazenagem de Energia

Os MultiPlus podem ser utilizados sem ligação à rede elétrica, bem como uma aplicação PV ligada à rede e a outros sistemas de energia alternativos.

É possível realizar várias configurações do sistema. Para informação mais detalhada, consulte o manual de conceção e configuração dos ESS.

Controle e monitorização local

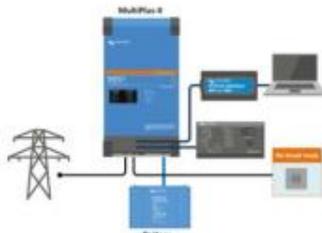
Há várias opções disponíveis: Monitor de Bateria, Painel de Controlo Digital Multi, Painel de Controlo Color, Bluetooth (necessário painel de controlo Venus GX ou Color Control), portátil ou computador.

Monitorização e configuração remota

Instale um painel de controlo Venus GX ou Color para ligar à Internet.

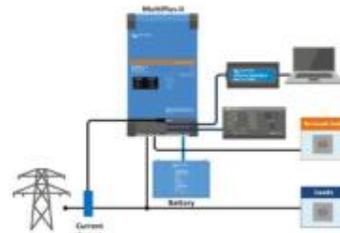
Os dados podem ser guardados e visualizados no nosso site VRM (Gestão Remota Victron) de forma gratuita.

Se estiverem ligados por uma rede Ethernet, é possível aceder e alterar as configurações dos sistemas de forma remota.



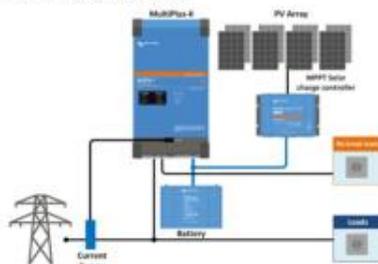
Aplicação normalizada móvel e autónoma

As cargas que devem ser desligadas quando não houver energia de entrada CA podem ser conectadas a uma segunda saída (não mostrada). As funções PowerControl e PowerAssist consideram estas cargas para limitar a corrente de entrada VA até um valor seguro.



Aplicação normalizada móvel e autónoma com sensor de corrente externo

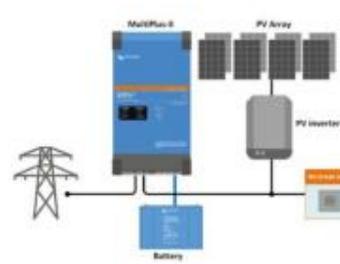
Faixa de deteção de corrente máxima: 32A



Topologia em paralelo para a rede elétrica com controlador de carga solar MPPT

Determinadas cargas críticas apenas têm proteção contra um corte de energia.

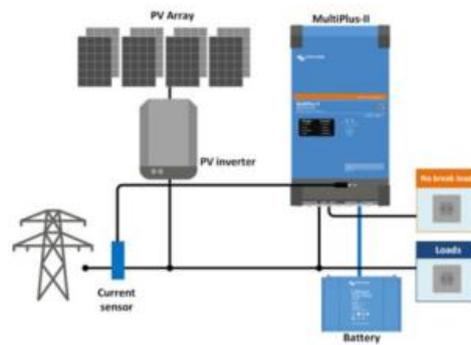
O MultiPlus-II vai utilizar a Informação do contador ou do sensor externo de corrente CA para otimizar o autoconsumo. Em caso de corte de energia, vai continuar a abastecer as cargas críticas.



Topologia em linha para a rede elétrica com inversor PV

A energia PV é convertida diretamente em CA.

O MultiPlus-II utilizará o excesso de energia PV para carregar as baterias ou poderá utilizar a rede elétrica para compensar um défice de energia PV. Em caso de corte de energia, desconecta a rede elétrica e continua a alimentar as cargas.



Topologia em paralelo para a rede elétrica com inversor PV
Nesta topologia, o inversor PV vai desligar-se em caso de corte elétrico.

O MultiPlus-II vai utilizar a informação do contador de energia para otimizar o autoconsumo e, se for necessário, para prevenir retroalimentação do excesso de energia solar na rede elétrica.



Painel Color Control (CCGX)

Proporciona uma monitorização e controlo do sistema

Além destas funções, o CCGX permite o acesso ao nosso site de monitorização remota: VRM Portal Online.



Aplicação VRM

Monitore e administre um sistema Victron Energy a partir do seu *smartphone* e *tablet*. Disponível para iOS e Android.



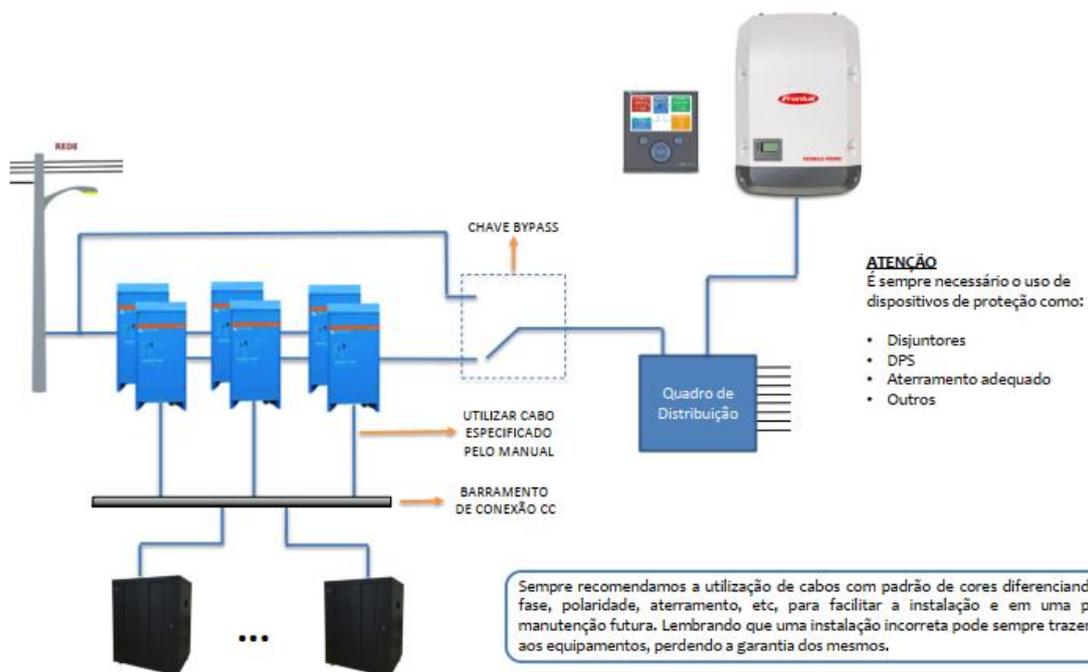
Portal VRM

O nosso site de monitorização remota (VRM) permite visualizar todos os dados do seu sistema num formato gráfico abrangente. No portal também pode alterar de forma remota as configurações do sistema. Pode receber os alarmes por correio eletrónico.

Anexo 5 – Manual de Instalação Victron Energy e BYD B-Box



Diagrama Elétrico Simplificado



Anexo 6 – Datasheet Bateria BYD B-Box

BYD B-Box BATTERY STORAGE

| B-Box Compacta |



Modelo	B-Box Compacta 2.5
Tipo de bateria	LiFePO ₄
Módulo da bateria	B-Plus 2.5 (2,56 kWh) 1 módulo
Energia utilizável ^[1] (kWh)	2,56
Potência máxima de saída [kW]	2,56
Potência de pico de saída [kW]	5,12, 30s
Eficiência energética	≥ 95,3% (sob condição de teste ^[1])
Tensão nominal [V]	51,2
Tensão de trabalho (operação) [V]	43,2 ~ 56,4
Comunicação	CAN / RS485
Dimensão [Largura x Altura x Profundidade, mm]	483 x 130 x 478
Peso líquido da B-Plus [kg]	34
Peso líquido (kg)	38
Grau de proteção IP	IP20
Garantia	10 anos
Amplitude de temperatura ambiente ^[2] [°C]	-10 ~ +50
Certificações de segurança	TUV / CE / RCM / UN38.3
Dimensionamento	Máx. 2 B-Plus 2.5 em paralelo
Inversores compatíveis	SMA / GOODWE / SOLAX / Victron, mais marcas a serem anunciadas

[1] Condições de teste: 100% DOD, 0.5C de carga e descarga a +25°C
 [2] Performance reduzida entre -10°C ~ 10°C

Notas: Máx. 32 B-Plus 2.5 em paralelo com design de gabinete.
 A energia utilizável do sistema pode variar entre diferentes marcas de inversores.

Build Your Dreams