



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Palloma Graziely Santos Araújo

Relatório de Estágio Supervisionado

Campina Grande, Paraíba

Outubro de 2016

Palloma Graziely Santos Araújo

Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Local de Estágio: Laboratório de Sistemas de Potência

(LSP/UFCG)

Orientador:

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.

Campina Grande, Paraíba

Outubro de 2016

Palloma Graziely Santos Araújo

Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Local de Estágio: Laboratório de Sistemas de Potência

(LSP/UFCCG)

Aprovado em ___ / ___ / _____

Professor Leimar de Oliveira, M.Sc.

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, minha fortaleza, por ter me dado paciência e força para chegar até aqui.

Aos meus pais, Eliane e Reginaldo, pela dedicação e esforços infinitos para me tornarem espelho de seus princípios e valores, à minha prima Cláudia e minha irmã Taty, pelo carinho e pela força que sempre pude contar.

Aos meus familiares, pelo incentivo e aos meus amigos, pelo companheirismo.

Ao professor Célio Anésio, pelos ensinamentos, suporte e comprometimento durante todo o estágio.

Ao professor Leimar, pelas valiosas contribuições apontadas durante a defesa do estágio, como também pelos ensinamentos durante minha graduação.

Aos colegas de estágio, Ewerton e Laís, pela ajuda e pelo companheirismo.

À todos os mestres e funcionários que fizeram parte da minha trajetória, pela contribuição na minha formação.

Resumo

Neste relatório são apresentadas as atividades da aluna Palloma Graziely Santos Araújo realizadas durante o Estágio Supervisionado no Laboratório de Simulação (**LabSim**), do Departamento de Engenharia Elétrica (**DEE**), da Universidade Federal de Campina Grande (**UFCG**), onde foram elaborados o projeto elétrico de uma residência típica do programa Minha Casa Minha Vida do governo Federal, o projeto de geração solar fotovoltaica conectada à rede, o orçamento e a respectiva análise de viabilidade econômica, sob orientação do professor Célio Anésio da Silva e supervisão do professor Washington Luiz Araújo Neves.

Palavras-chave: Projeto Elétrico, Sistema Fotovoltaico, Geração Solar, Análise Econômica.

Sumário

Resumo	5
Sumário.....	6
Lista de Figuras.....	8
Lista de Tabelas	9
Lista de Abreviaturas e Siglas	10
Lista de Símbolos	11
1. Introdução.....	12
Objetivos do Estágio	12
Local do Estágio.....	12
Estrutura do Trabalho	13
2. O Estágio.....	14
2.1 Projeto Elétrico da Residência.....	14
2.2 Projeto de Geração Solar Fotovoltaica	14
2.2.1 Geração Solar Fotovoltaica	14
Sistemas Fotovoltaicos Isolados	16
Sistemas Fotovoltaicos Híbridos.....	17
Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede	17
2.2.2 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.....	18
Avaliação do Recurso Solar	18
Localização e Configuração do Sistema.....	19
Resolução Normativa Nº 482/2012 e 687/2015	19
Norma de Distribuição Unificada – NDU 013.....	20
Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico	22
Dimensionamento do Inversor.....	23
Dimensionamento dos Cabos e Proteções	25
2.2.3 Elaboração do Projeto de Geração Solar Fotovoltaica	25
2.3 Orçamento e Análise Econômica	31
Valor Presente Líquido (VPL)	34
Taxa Interna de Retorno (TIR)	34
<i>Payback</i> Descontado (PB).....	35
Análise Econômica Considerando o Valor do Dinheiro no Tempo.....	35

3. Considerações Finais	40
Referências Bibliográficas	41
ANEXO A – Certificado de Conformidade do Micro Inversor SUN-600G	43
APÊNDICE A – Projeto Elétrico da Residência.....	44
APÊNDICE B – Orçamento do Projeto de Geração Solar.....	49

Lista de Figuras

Figura 1- Fachada do LSP.....	12
Figura 2- LabSim.	13
Figura 3 – Modelo de célula fotovoltaica.....	15
Figura 4 - Modelo de painel fotovoltaico.....	16
Figura 5 - Esquema Básico de SFCR.	18
Figura 6 - Modelo simplificado para conexão de geradores por meio de inversores.	20
Figura 7 - Modelo de placa de advertência.....	22
Figura 8 - Painéis Fotovoltaicos Conectados em paralelo.....	24
Figura 9 – Painéis Fotovoltaicos Conectados em série.....	25
Figura 10 – Irradiação solar em função dos meses do ano.....	26
Figura 11 – Inversor SUN 600-G.....	29
Figura 12 – Esquema de Ligação do sistema de microgeração.....	31

Lista de Tabelas

Tabela 1– Requisitos de proteção exigidos pela Energisa.	21
Tabela 2– Irradiação solar diária média mensal da cidade de Campina Grande.	26
Tabela 3– Especificações do painel solar Canadian CS6P 265P.	28
Tabela 4– Especificações do Micro Inversor SUNSHINE SUN-600G.	30
Tabela 5 – Fluxo de Caixa e Saldo.	33
Tabela 6– Tarifas ajustadas em 5% ao longo dos anos e valores economizados.	36
Tabela 7 – Cálculo do VPL.	37
Tabela 8– Fluxo de Caixa Descontado.	38

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	<i>Current Alternating</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
C.A.	Corrente Alternada
C.C.	Corrente Contínua
CRESESB	Centro de Referência de Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
DC	<i>Direct Current</i>
DEE	Departamento de Engenharia Elétrica
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
FDI	Fator de Dimensionamento do Inversor
HSP	Horas de Sol Pleno
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LabSim	Laboratório de Simulação
LSP	Laboratório de Sistemas de Potência
MPPT	<i>Maximum Power Point Traking</i>
NBR	Norma Brasileira
NDU	Norma de Distribuição Unificada
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFV	Sistema Fotovoltaico
SPPM	Seguidor de Ponto de Potência Máxima
TIR	Taxa Interna de Retorno
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
VPL	Valor Presente Líquido

Lista de Símbolos

A	Ampère
E	Consumo Diário Médio Anual
E_g	Energia produzida pelo sistema fotovoltaico
FC_t	Fluxo de Caixa no t-ésimo período
HSP	Horas de Sol Pleno
I	Investimento inicial
I_{imax}	Corrente máxima c.c. admitida na entrada no inversor
I_{sc}	Corrente de curto circuito nas condições padrão de ensaio
k	Custo de capital
m	Metro
n	Último período do investimento
P_{fv}	Potência de pico do painel fotovoltaico
P_{Nca}	Potência nominal em corrente alternada
T	Tarifa de energia cobrada pela concessionária
t	Período no tempo
TD	Taxa de Desempenho
V	Volt
$V_{economizado}$	Valor em reais economizado durante um ano
$V_{iSPPMmax}$	Máxima tensão c.c. de operação do SPPM do inversor
$V_{iSPPMmin}$	Mínima tensão c.c. de operação do SPPM do inversor
V_{mpTmax}	Tensão de potência máxima na maior temperatura de operação
V_{mpTmin}	Tensão de potência máxima na menor temperatura de operação
W	Watt
Wh	Watt-Hora

1. Introdução

O Estágio Supervisionado foi realizado no Laboratório de Simulação (LabSim) do DEE/UFCG, com duração de 203 horas, durante o período de 04 de julho de 2016 até 30 de setembro de 2016, sob orientação do professor Célio Anésio da Silva e supervisão do professor Washington Luiz Araújo Neves.

Este relatório apresenta a descrição das atividades realizadas durante o período do estágio, com destaque para:

- Elaboração do projeto elétrico de uma residência, padrão Minha Casa Minha Vida;
- Elaboração do projeto de geração solar fotovoltaica conectada à rede;
- Análise econômica;

Objetivos do Estágio

O estágio supervisionado no LSP teve por objetivos principais o dimensionamento de um sistema de geração solar fotovoltaica conectada à rede para uma residência padrão Minha Casa Minha Vida, fazer o orçamento desse projeto e analisar a viabilidade econômica do mesmo.

Local do Estágio

O LabSim é um laboratório que se encontra no prédio Laboratório de Sistemas de Potência (LSP), construído com recursos da Reitoria da UFCG.

As Figuras 1 e 2 mostram respectivamente, a fachada do LSP e as dependências do LabSim.

Figura 1- Fachada do LSP.



Fonte: MEIRA, R.N.

Figura 2- LabSim.



Fonte: Ewerton Brasil da Silva Queiroz.

Estrutura do Trabalho

O trabalho encontra-se dividido em 3 capítulos, sendo o primeiro introdutório, fazendo uma apresentação dos objetivos principais do estágio e do local onde foi realizado. O segundo Capítulo aborda uma revisão bibliográfica referente à geração solar fotovoltaica e a descrição das atividades realizadas. O terceiro Capítulo é conclusivo, com uma breve análise dos resultados obtidos.

2. O Estágio

As atividades realizadas durante o estágio foram divididas em três etapas:

- Na primeira etapa foi elaborado um projeto elétrico de uma residência padrão Minha Casa Minha Vida com o auxílio das normas da ABNT NBR 5410 e NDU-001 da Energisa e do *software* AutoCAD;
- Na segunda etapa foi elaborado um projeto de geração solar fotovoltaica conectada à rede para a mesma residência da primeira etapa, de acordo com a nova norma regulamentadora nº 482/2012 (corrigida pela resolução normativa nº 687/2015) da ANEEL e NDU 013 da Energisa.
- Na terceira etapa fez-se o orçamento do projeto de geração solar realizado na segunda etapa, possibilitando a análise de viabilidade econômica do mesmo.

2.1 Projeto Elétrico da Residência

A primeira atividade desenvolvida no estágio foi o projeto elétrico de uma residência padrão Minha Casa Minha Vida. Este projeto foi elaborado de acordo com as especificações aplicáveis da ABNT, através da NBR 5410 e da NDU 001 da Energisa.

Tendo conhecimento das normas, a planta da residência e com o auxílio do *software* AutoCAD foi elaborado o projeto elétrico, o qual se encontra no Apêndice A.

Em resumo, as instalações elétricas foram dividida em 5 circuitos, sendo 1 circuito de iluminação, 2 circuitos de tomadas de uso geral e 2 circuitos de uso específico, tendo uma demanda prevista de 6,83 kW ou 7,43 kVA.

2.2 Projeto de Geração Solar Fotovoltaica

A segunda etapa do estágio foi a elaboração de um projeto de geração solar fotovoltaica para a residência, então foi feito um estudo sobre o tema e em seguida foi realizado o projeto.

2.2.1 Geração Solar Fotovoltaica

Os sistemas fotovoltaicos são capazes de gerar energia elétrica através das chamadas células fotovoltaicas, que são produzidas com materiais semicondutores capazes de transformar a radiação solar diretamente em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. (PORTAL SOLAR)

Na Figura 3 apresenta um modelo de célula fotovoltaica.

Figura 3 – Modelo de célula fotovoltaica.



Fonte: PORTAL SOLAR.

Os principais tipos de células fotovoltaicas são:

- Silício Monocristalino (mono-Si)

São mais eficientes que a maioria das outras. Os cantos das células são recortados, como um octógono, porque as lâminas de silício são cortadas a partir de lingotes cilíndricos. Os módulos que utilizam células mono-Si exibem um padrão distinto de pequenos diamantes brancos. (PORTAL SOLAR)

- Silício Policristalino (multi-Si)

As células são feitas de silício purificado que é fundido em grandes blocos. São o tipo mais comum usado em painéis fotovoltaicos e são menos eficientes do que as feitas de silício monocristalino. (PORTAL SOLAR)

- Filme Fino

Os painéis que usam essa tecnologia são feitos de uma forma completamente diferente dos tradicionais com células de silício cristalino. Os painéis possuem uma eficiência de conversão de 2 ou 3 pontos percentuais mais baixos do que o silício cristalino. As tecnologias de filme fino mais utilizadas são o Telureto de cádmio (CdTe), Seleneto de cobre gálio índio (CIGS) e silício amorfo (a-Si). (PORTAL SOLAR)

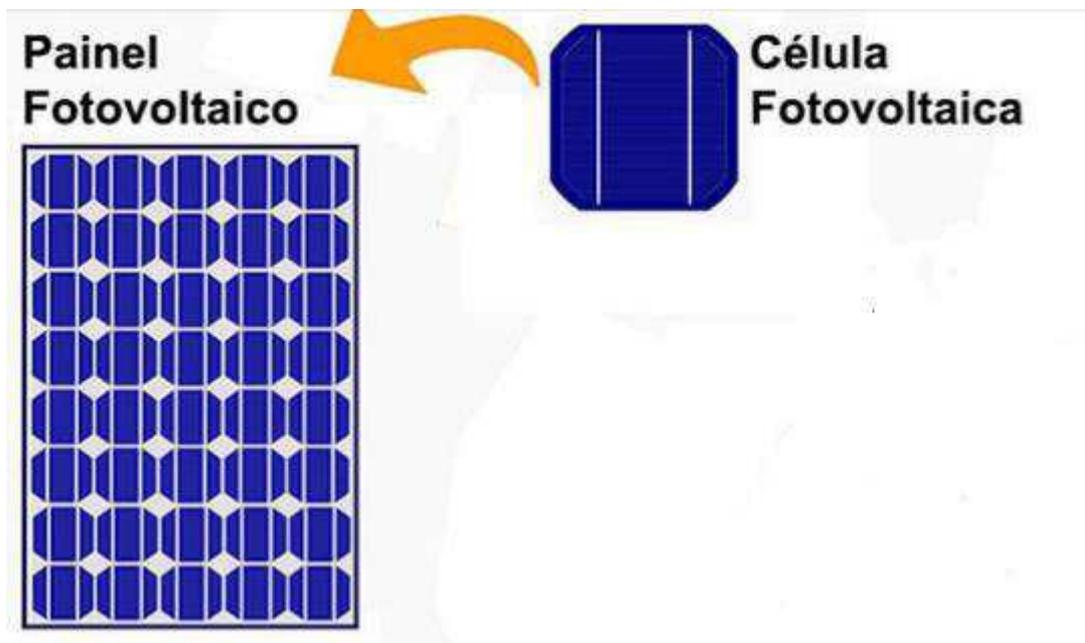
- Heterojunção (HJT)

As células de Heterojunção consistem em camadas finas de silício amorfo depositados em *wafers* de silício monocristalino. Essa combinação aumenta em 20% a eficiência das células e é provavelmente a tecnologia com o maior potencial de crescimento. (PORTAL SOLAR)

São usadas tradicionalmente 36, 60 ou 72 células interligadas em série para montar um painel fotovoltaico.

A Figura 4 apresenta o modelo de um painel fotovoltaico.

Figura 4 - Modelo de painel fotovoltaico.



Fonte: PORTAL SOLAR.

Um sistema fotovoltaico é formado por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, um bloco de armazenamento. O bloco gerador contém os arranjos fotovoltaicos, constituídos por módulos fotovoltaicos em diferentes associações, o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura de suporte dos módulos. O bloco de condicionamento de potência pode ter conversores C.C. – C.C., seguidor de ponto de potência máxima (SPPM), do inglês *maximum power point tracking* (MPPT), inversores, controladores de carga (se houver armazenamento) e outros dispositivos de proteção, supervisão e controle. Finalmente, o bloco de armazenamento é constituído por acumuladores elétricos (baterias) e/ou outras formas de armazenamento (PINHO e GALDINO, 2014).

Os sistemas fotovoltaicos (SFV) são classificados em três categorias: sistemas isolados (SFI), sistemas híbridos ou sistemas conectados à rede (SFCR).

Sistemas Fotovoltaicos Isolados

Os sistemas isolados não são conectados à rede elétrica e assim, geralmente utilizam alguma forma de armazenamento, que pode ser feito através de baterias ou na forma de energia gravitacional, dependendo da aplicação. Também existem sistemas isolados que não precisam de armazenamento, como por exemplo, no caso da irrigação em que toda a água bombeada é consumida diretamente ou estocadas em reservatórios.

Os sistemas isolados que utilizam o armazenamento de energia em baterias também utilizam controladores de carga, que tem a função de proteger a bateria ou bancos de baterias contra cargas ou descargas excessivas. Quando a bateria atingir carga plena o controlador irá desconectar o gerador fotovoltaico e quando o estado de carga da

bateria atingir um limite mínimo de segurança irá interromper o fornecimento de energia.

Para alimentar equipamentos de corrente alternada utiliza-se um inversor para fazer a conversão de energia em C.C. para C.A.

Sistemas Fotovoltaicos Híbridos

Os sistemas híbridos são aqueles em que existe mais de uma forma de geração de energia, como por exemplo, grupo gerador a diesel, aerogeradores e geradores fotovoltaicos. Por serem complexos, estes sistemas necessitam de algum tipo de controle capaz de integrar os geradores e assim, otimizar a operação para o usuário. (PINHO e GALDINO, 2014)

Geralmente, os sistemas híbridos são aplicados em sistemas de médio a grande porte. Trabalham com cargas de corrente alternada, sendo necessário a utilização de um inversor. Devido a complexidade deste tipo de sistema, a forma de otimização ainda é tema de estudos e há de se considerar que a utilização de sistemas híbridos traz uma complexidade operacional e de manutenção que torna-se desvantajosa para empreendimentos em regiões remotas.

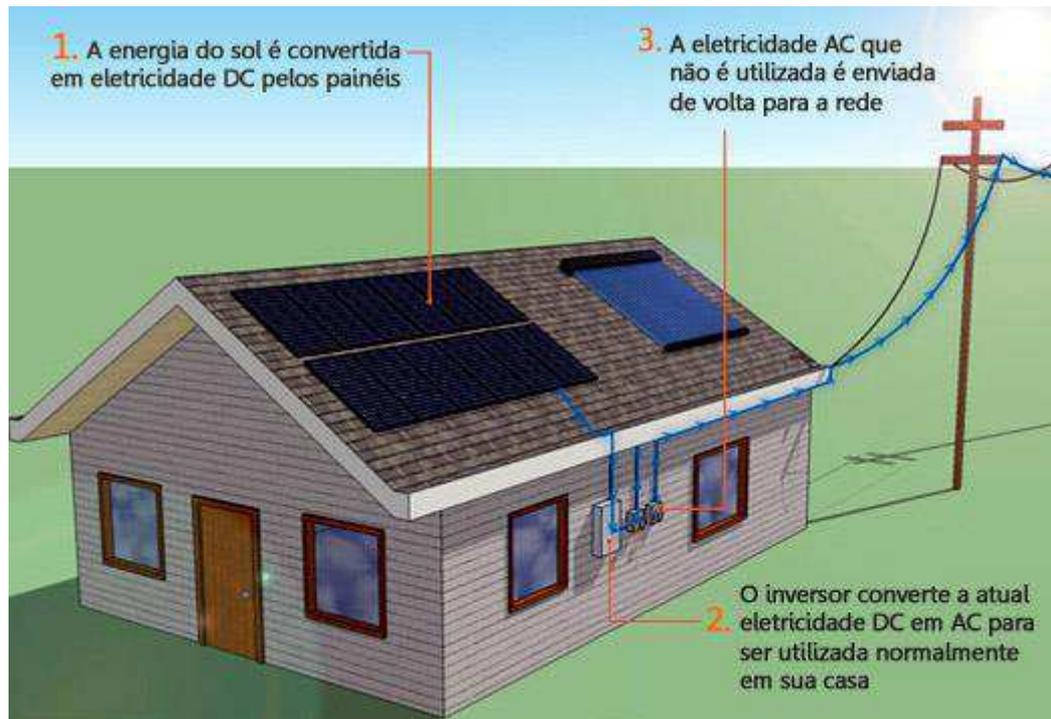
Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR), em inglês *on-grid* ou *grid-tie*, dispensam o uso de baterias, pois a energia por eles produzida pode ser consumida diretamente pela carga, ou injetada diretamente na rede elétrica, para ser consumida pelas unidades consumidoras conectadas ao sistema de distribuição (PINHO E GALDINO, 2014).

Os principais componentes de um SFCR são basicamente os painéis fotovoltaicos, que geram a eletricidade em corrente contínua, o inversor, que irá converter a energia em corrente contínua para energia em corrente alternada e “injetar” na rede, e os dispositivos de proteção.

O esquema básico de um SFCR é mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Esquema Básico de SFCR.



Fonte: Energia TecSolar.

2.2.2 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica

O projeto de um SFCR tem como principais etapas:

- Levantamento adequado do recurso solar;
- Definição da localização e configuração do sistema;
- Levantamento da demanda e consumo de energia elétrica;
- Dimensionamento do gerador fotovoltaico;
- Dimensionamento do inversor;
- Dimensionamento dos cabos e proteções;

Avaliação do Recurso Solar

É preciso quantificar a radiação global incidente sobre os painéis fotovoltaicos. Os dados de radiação solar podem ser especificados em termos de valores instantâneos do fluxo de potência, conhecidos como irradiância, ou valores de energia por unidade de área chamados de irradiação (PINHO E GALDINO, 2014).

Para expressar o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia utiliza-se o número de Horas de Sol Pleno (HSP). Esta grandeza reflete o número de horas em que a

irradiância solar deve permanecer constante e igual a 1 kW/m², em que a energia resultante seja proporcional à energia disponibilizada pelo sol no local da aplicação do sistema em um dia.

Então, HSP é dado por:

$$HSP = \frac{\text{irradiância}(kWh / m^2 \cdot \text{dia})}{1(kW / m^2)}$$

Vale destacar que nada substitui a medição, utilizando os instrumentos adequados, no local da implantação do projeto, pois podem ocorrer incorreções advindas das diferenças entre os valores estimados e os valores reais.

Localização e Configuração do Sistema

A escolha da localização em que os painéis fotovoltaicos serão instalados é um fator determinante para seu desempenho. A integração com elementos arquitetônicos, a presença de elementos de sombreamento, superfícies reflexivas próximas, fontes de sujeira, a capacidade de trocar calor com o meio, o ângulo e a orientação dos painéis podem afetar a eficiência do sistema fotovoltaico (PINHO E GALDINO, 2014).

A posição ideal para os painéis fotovoltaicos no Brasil é voltado para o Norte e o ângulo de inclinação, para SFCR, é normalmente igual ao da latitude. (PORTAL SOLAR)

A configuração do sistema baseia-se nas características da carga e na disponibilidade de recursos energéticos.

Resolução Normativa Nº 482/2012 e 687/2015

Antes de dimensionar a potência a ser gerada pelo sistema é importante ter o conhecimento da Resolução Normativa Nº 482/2012 da ANEEL, que foi revisada e corrigida pela Resolução Normativa 687/2015, que regulamenta no Brasil, os sistemas fotovoltaicos classificados como micro ou minigeração.

Para efeitos desta resolução, tem-se no Artigo 2º as seguintes definições:

- **Microgeração Distribuída:** Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- **Minigeração Distribuída:** Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes híbridas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- **Sistema de Compensação de Energia Elétrica:** Sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída

é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;

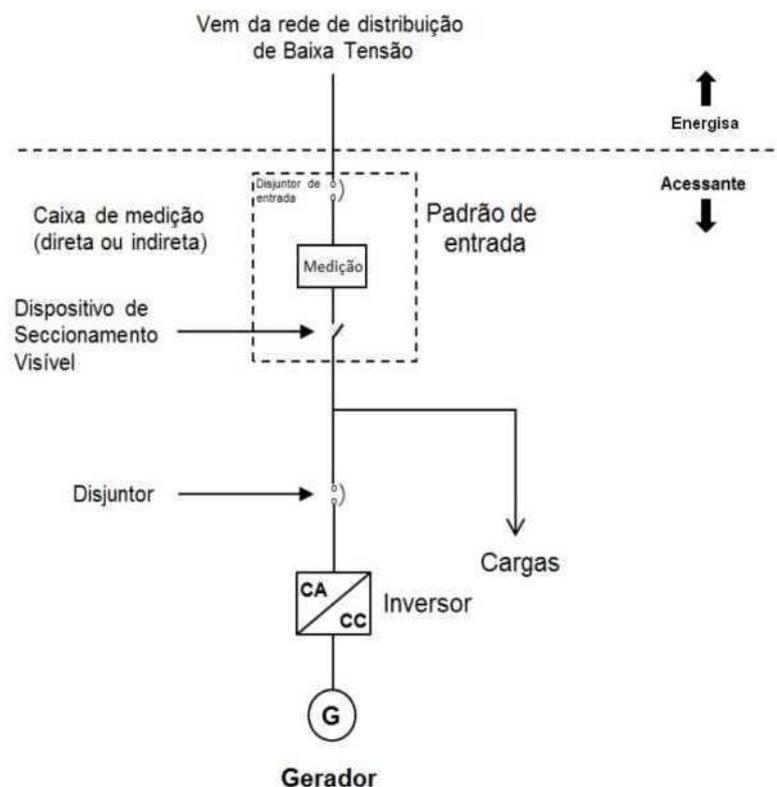
- Geração Compartilhada: Caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;
- Autoconsumo Remoto: Caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada;

Norma de Distribuição Unificada - NDU 013

A NDU 013 é a norma que estabelece os critérios e procedimentos técnicos exigidos pela Energisa, concessionária local, para conexão de consumidores atendidos em baixa tensão que façam a adesão ao sistema de compensação de energia, conforme as recomendações regulatórias existentes para o assunto no setor elétrico nacional.

No tópico 8.2.1 da norma, tem-se o modelo simplificado da forma de conexão de geradores por meio de inversores que é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Modelo simplificado para conexão de geradores por meio de inversores.



Fonte: NDU 013

Para a empresa Energisa Borborema, a conexão elétrica do disjuntor de entrada deverá ser após o medidor.

É de extrema importância que os inversores utilizados em sistemas fotovoltaicos atendam aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62116:2012. Só serão aceitos inversores que tenham o certificado do INMETRO. Poderão ser aceitos inversores que apresentem certificados dos laboratórios nacionais e internacionais acreditados pelo INMETRO, após o corpo técnico da Energisa.

Em relação ao sistema de medição de energia utilizado nas unidades consumidoras que façam adesão ao sistema de compensação de energia deverá ser utilizado um medidor bidirecional, que fará a contabilização da energia ativa consumida pela unidade consumidora no fluxo direto e fará a contabilização da energia ativa injetada na rede de distribuição, no fluxo reverso.

A Energisa promoverá a instalação do medidor bidirecional, sendo que o custo do equipamento é de responsabilidade do cliente.

A norma recomenda que os requisitos de proteção exigidos para as unidades consumidoras que façam a adesão ao sistema de compensação em baixa tensão, sigam as determinações contidas na seção 3.7 do PRODIST, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Requisitos de proteção exigidos pela Energisa.

Requisito de Proteção	Potência Instalada até 75 kW
Elemento de desconexão	Sim
Elemento de Interrupção	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim
Proteção de sobrecorrente	Sim
Relé de sincronismo	Sim
Anti-ilhamento	Sim

Fonte – NDU 013

Nos sistemas que utilizam inversores, as proteções relacionadas na Tabela 1 podem estar inseridas nesses equipamentos, sendo a redundância de proteções desnecessária. Sendo recomendado que junto ao padrão de entrada de energia, próximo a caixa de medição/proteção deverá ser instalada uma placa de advertência como é mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Modelo de placa de advertência.



Fonte: NDU 013

Dimensionamento do Gerador Fotovoltaico

Após o conhecimento das normas necessárias, pode-se dimensionar a potência do sistema.

Para dimensionar o gerador fotovoltaico de forma otimizada, inicialmente, deve-se fazer um levantamento do consumo médio diário anual da edificação (Wh/dia). Após isso, utiliza-se a equação 1 para calcular a potência do microgerador que irá compor o SFCR.

$$P_{FV}(W_p) = \frac{E}{\frac{TD}{HSP_{MA}}} \quad (1)$$

Sendo:

$P_{FV}(W_p)$: Potência de pico do painel fotovoltaico (W_p);

E : Consumo diário médio anual da edificação ou fração deste (Wh/dia);

HSP_{MA} : Média diária anual das HSP incidente no plano do painel fotovoltaico (h);

TD : Taxa de desempenho (adimensional).

A Taxa de desempenho é definida como a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível. Esta taxa leva em consideração a potência real do sistema sob condições de operação e todas as perdas envolvidas. Diante de alguns estudos, chegou-se a conclusão que, para SFCR residenciais bem ventilados e não sombreados, sob condições de radiação solar encontradas no Brasil pode-se obter uma taxa de desempenho entre 70 e 80%. (PINHO E GALDINO, 2014)

Dimensionamento do Inversor

O inversor é uma parte importante da instalação, pois ele terá a função de transformar energia em corrente contínua em corrente alternada, gerando receio das distribuidoras, pois está relacionado com a qualidade da energia que poderá ser injetada na rede.

O dimensionamento do inversor depende da potência do gerador fotovoltaico, das características elétricas dos módulos escolhidos, características ambientais e da topologia da instalação escolhida.

Não é recomendado que os inversores trabalhem por longos períodos de tempo em potências muito abaixo da nominal e nem que ocorra o contrário, sobrecarregado. Levando-se em consideração que um inversor de menor capacidade para um mesmo gerador fotovoltaico sem impactar na quantidade de energia e na confiabilidade do sistema, a energia tende a ter menor custo.

Devido ao coeficiente de temperatura negativo das tecnologias fotovoltaicas, isto é, redução da potência gerada com o aumento da temperatura, costuma-se dimensionar o gerador com potência nominal superior à do inversor, pois, mesmo quando a irradiância está próxima de 1000 W/m^2 , a potência do gerador dificilmente se aproxima de sua potência nominal. Esta característica física do sistema, juntamente com a otimização econômica do sistema, leva a um subdimensionamento dos inversores de SFCR. Todavia, muitos inversores, quando a potência gerada pelo painel ultrapassa a máxima potência de entrada do equipamento, ajustam seu SPPM, limitando sua potência de entrada e desprezando toda a potência acima deste limite. (PINHO E GALDINO, 2014)

O Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI) representa a relação entre a potência nominal c.a do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico, como mostrado na equação 2.

$$FDI = \frac{P_{Nca}(W)}{P_{FV}}. \quad (2)$$

Sendo:

FDI : Fator de Dimensionamento do inversor (adimensional);

$P_{Nca}(W)$: Potência nominal em corrente alternada do inversor (W);

P_{FV} : Potência de pico do painel fotovoltaico (W_P).

O FDI depende do inversor escolhido, da tecnologia do módulo, da orientação e inclinação do painel, das condições ambientais e deve ser ajustado de modo a se obter a melhor relação custo/benefício. Os fabricantes e instaladores recomendam a seguinte faixa: $0,75 < FDI < 1,05$.

O inversor possui uma corrente máxima de entrada C.C., então utiliza-se a equação 3 para calcular o número máximo de fileiras das séries fotovoltaicas, conectadas em paralelo.

$$n^{\circ} \text{ de módulos em paralelo} = \frac{I_{i\max}}{I_{sc}} \quad (3)$$

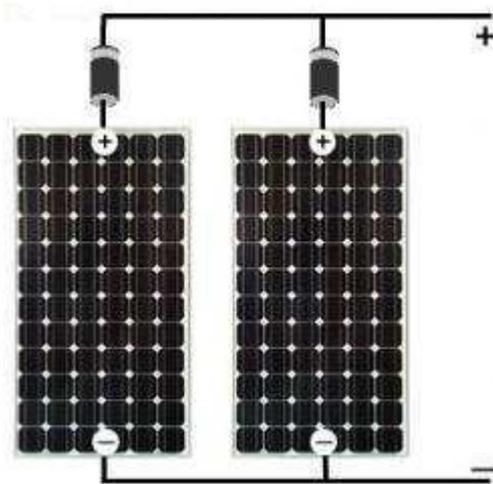
Sendo:

$I_{i\max}$: Corrente máxima C.C. admitida na entrada do inversor (A);

I_{sc} : Corrente de curto circuito do módulo FV nas condições padrão de ensaio (A).

Na Figura 8 é exemplificada esse tipo de ligação, em paralelo, que tem como resultado a soma das correntes e a tensão inalterada.

Figura 8 - Painéis Fotovoltaicos Conectados em paralelo.



Fonte: (Mppt Solar)

Existe uma faixa de tensão SPPM do inversor que deve ser atendida pelo resultado do número de módulos em série, como indicado na equação 4.

$$\frac{V_{iSPPM \min}}{V_{mpT \max}} < n^{\circ} \text{ de módulos em série} < \frac{V_{iSPPM \max}}{V_{mpT \min}} \quad (4)$$

Sendo:

$V_{iSPPM \min}$: Mínima Tensão C.C. de operação do SPPM do inversor (V);

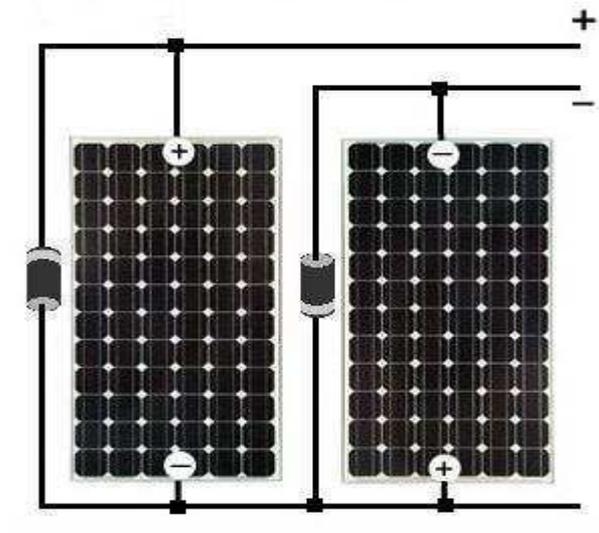
V_{mpTmax} : Tensão de potência máxima (V_{mp}) de um módulo FV na maior temperatura de operação prevista (V);

$V_{iSPPMmax}$: Máxima tensão C.C. de operação do SPPM do inversor (V);

V_{mpTmin} : Tensão de potência máxima (V_{mp}) de um módulo FV na menor temperatura de operação prevista (V);

Na Figura 9 é exemplificada esse tipo de ligação, em série, que tem como resultado a soma das tensões e a corrente inalterada.

Figura 9 – Painéis Fotovoltaicos Conectados em série.



Fonte: (Mppt Solar)

Dimensionamento dos Cabos e Proteções

A NBR 5410 pode ser utilizada para a escolha da bitola do cabeamento adequada para os condutores em função do comprimento do ramal, da tensão nominal e do nível de perdas pretendido. É importante que os cabos utilizados nessas instalações estejam preparados para suportar as diversas condições climáticas.

As proteções são dimensionadas de forma similar aos relacionados com sistemas elétricos em geral, apenas com um cuidado especial para o que vem antes do inversor, que opera em corrente contínua, logo, deve-se escolher os dispositivos que trabalhem em corrente contínua.

2.2.3 Elaboração do Projeto de Geração Solar Fotovoltaica

Após o estudo da teoria sobre geração solar fotovoltaica conectada à rede, foram aplicados os conhecimentos na elaboração do projeto para a residência padrão Minha Casa Minha Vida. Para a avaliação do recurso solar, utilizou-se a ferramenta SunData, disponível no site da CRESESB, que inserindo-se as coordenadas geográficas de Campina

Grande (7° 13' 50" S; 35° 52' 52" O) a ferramenta fornece os dados da irradiação solar diária mensal, que e apresentado na Tabela 2.

Tabela 2– Irradiação solar diária média mensal da cidade de Campina Grande.

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Campina Grande
Município: Campina Grande , PB - BRA
Latitude: 7,2° S
Longitude: 35,895555° O
Distância do ponto de ref. (7,230556° S; 35,881111° O): 3,8 km

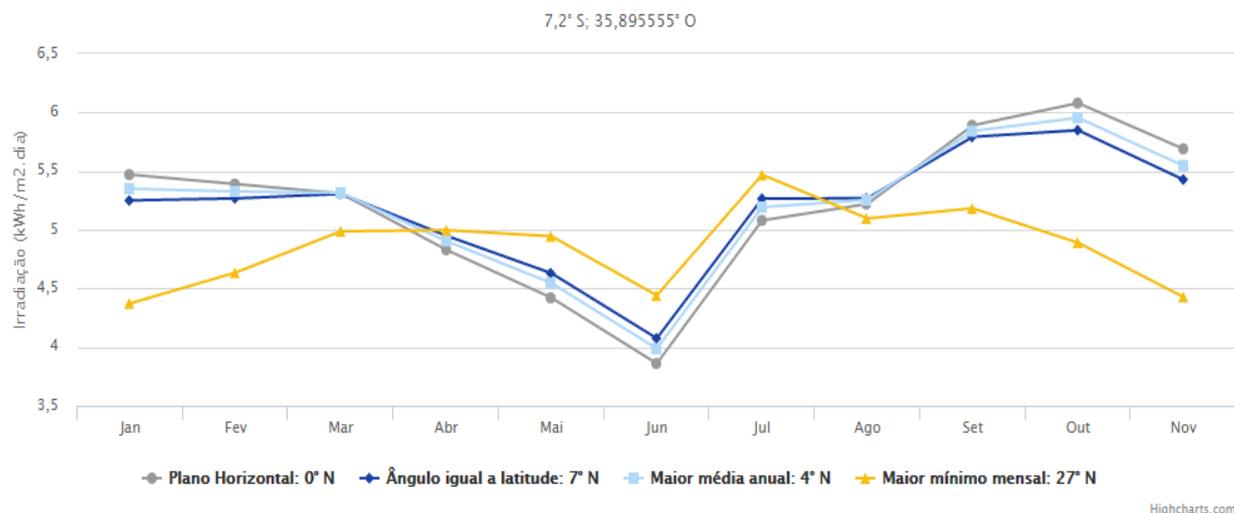
#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
☑	Plano Horizontal	0° N	5,47	5,39	5,31	4,83	4,42	3,86	3,83	5,08	5,22	5,89	6,08	5,69	5,09	2,25
☑	Ângulo igual a latitude	7° N	5,25	5,27	5,31	4,95	4,63	4,07	4,02	5,27	5,27	5,79	5,85	5,43	5,09	1,83
☑	Maior média anual	4° N	5,35	5,33	5,31	4,90	4,55	3,99	3,94	5,19	5,25	5,84	5,95	5,55	5,10	2,01
☑	Maior mínimo mensal	27° N	4,37	4,64	4,99	5,00	4,94	4,44	4,32	5,47	5,10	5,18	4,89	4,43	4,81	1,15

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Campina Grande–Campina Grande, PB-BRA

Fonte: CRESESB

A ferramenta SunData também fornece o gráfico da irradiação em função dos meses do ano, que e apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Irradiação solar em função dos meses do ano.



Fonte: CRESESB

Com os dados fornecidos pelo programa, calculou-se o número de Horas de Sol Pleno (HSP).

Portanto,

$$HSP = \frac{5,1(\text{kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{dia})}{1(\text{kW} / \text{m}^2)} = 5,1 \text{ h/dia}$$

Observa-se que para se obter maior precisão dos valores de irradiação, nada substitui as medições no local de inserção do projeto. Foi adotado que os painéis fotovoltaicos estarão localizados no telhado da residência.

A configuração escolhida para este projeto é a de SFCR, então não se faz necessário a utilização de dispositivos de armazenamento de energia.

O consumo mensal foi estimado em 80 kWh e a Taxa de Desempenho foi escolhida como sendo 75%, que é um valor dentro da faixa recomendada (entre 70 e 80%).

Então, a partir destes dados foi dimensionado o sistema de geração solar, da seguinte forma:

- HSP = 5,1 h/dia
- Consumo médio mensal : 80 kWh
- Consumo médio diário : $80000/30 = 2667 \text{ Wh/dia}$

- $$P_{FV}(W_p) = \frac{\frac{E}{TD}}{HSP_{MA}} = \frac{2667 / 0,75}{5,1} = 697,3W$$

- Foram escolhidas placas fotovoltaicas de 265 Wp
- Quantidade de placas : $\frac{697,3}{265} = 3 \text{ placas}$

As placas escolhidas para este projeto foram placas de silício policristalino, do fabricante Canadian Solar, cujas especificações encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3– Especificações do painel solar Canadian CS6P 265P.

Dados Elétricos	
Parâmetros	Valores
Potência de pico ($P_{m\acute{a}x.}$)	265 Wp
Tensão de pico (V_{mp})	30,6 V
Tensão de circuito aberto (V_{oc})	37,7 V
Corrente de pico (I_{mp})	8,66 A
Corrente de curto circuito (I_{sc})	9,23 A
Eficiência (η)	16,47 %
Tensão máxima do sistema	1000 V _{dc}
Características Térmicas	
Temperatura Nominal da Célula	45 ± 2 °C
Coefficiente de Temperatura ($P_{m\acute{a}x.}$)	-0,41 % / °C
Coefficiente de Temperatura (V_{oc})	-0,31 % / °C
Coefficiente de Temperatura (I_{sc})	0,053 % / °C
Faixa de Temperatura em funcionamento	-40 °C – 85 °C
Dados Técnicos	
Tipo de Células	Silício Policristalino
Arranjo das Células	60(6 x 10)
Dimensões	1638 x 982 x 40 mm
Peso	18 kg
Proteção Frontal	Vidro Temperado
Caixa de Junção	IP67, 3 diodos
Cabo de ligação (comprimento/seção)	1000mm/4 mm ²

Fonte: Minha Casa Solar

Os três painéis fotovoltaicos serão ligados em paralelo, então, o sistema de geração irá apresentar as seguintes características:

- Potência Total dos 3 painéis : 795 Wp
- Tensão de pico : 30,6 V
- Corrente de pico : 25,98 A
- Tensão de circuito aberto : 37,7 V
- Corrente de curto circuito : 27,69 A

Após fazer o dimensionamento do gerador fotovoltaico, foi feito o dimensionamento do inversor.

Sabendo-se que o fator de dimensionamento do inversor (FDI) é calculado pela equação 2 e que é recomendado que $0,75 < FDI < 1,05$, foi escolhido o micro inversor modelo

SUN 600G, *on-grid* do fabricante SUNSHINE, pois ele atende as recomendações da Energisa e ao custo/benefício.

A Figura 11 apresenta o inversor SUN 600-G.

Figura 11 – Inversor SUN 600-G.



Fonte: Manual do Micro Inversor

Assim,

$$FDI = \frac{600}{795} = 0,755$$

O certificado de conformidade se encontra no Anexo A.

As principais especificações do micro inversor encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4– Especificações do Micro Inversor SUNSHINE SUN-600G.

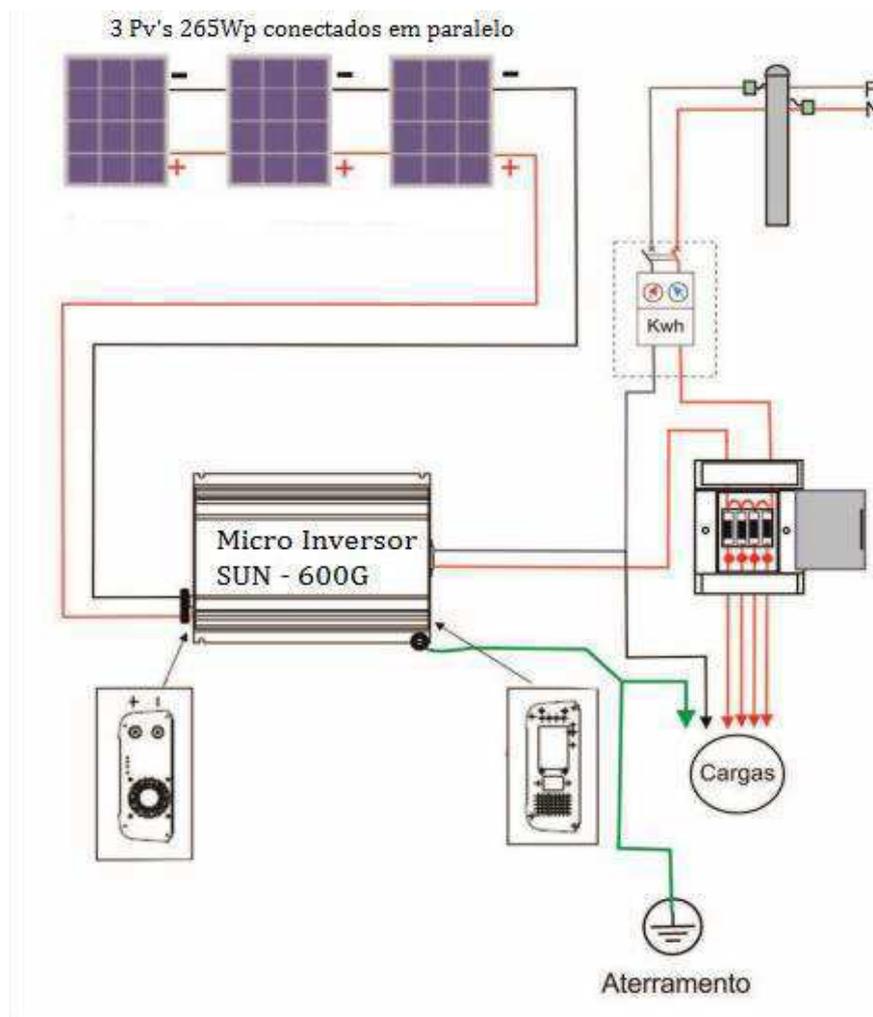
Dados Técnicos	
Parâmetros	Valores
Potência Nominal de saída AC	540 W
Potência Máxima de saída AC	600 W
Tensão de saída AC	190 V - 260 V
Frequência de saída AC	46 Hz – 65 Hz
Fator de Potência	0,99
Tensão de Entrada DC	22 V – 60 V
Eficiência do inversor no pico	92%
Função MPPT	Sim
Proteção contra sobrecorrente	Sim
Proteção contra super aquecimento	Sim
Proteção contra ligação de polaridade inversa	Sim
Proteção anti-ilhamento	Sim

Fonte: Manual do Micro Inversor

Em relação às proteções do sistema, foi dimensionado para o lado DC, antes do micro inversor, um disjuntor DC de 20 A, para garantir que a corrente de entrada não ultrapasse a corrente suportada pelo micro inversor, e um Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) fotovoltaico para proteger os equipamentos e as instalações elétricas contra surtos, sobretensões ou transientes diretos ou indiretos. Para o lado AC, depois do micro inversor, foi dimensionado um disjuntor de 6 A.

O esquema de ligação do sistema de microgeração encontra-se na Figura 12.

Figura 12 – Esquema de Ligação do sistema de microgeração.



Fonte: Memorial Técnico Descritivo - CEHAP

2.3 Orçamento e Análise Econômica

Nesta etapa do estágio, foi feito um orçamento com base nos dimensionamentos que se encontram no tópico anterior e baseado neste orçamento foi feita uma análise econômica do projeto de geração solar.

O orçamento detalhado encontra-se no Apêndice B e teve como valor estimado em R\$ 5.177,18. Merece destacar que os valores da mão-de-obra e do projeto foram estimados levando em consideração que este projeto é voltado para conjuntos habitacionais em que, as residências têm o mesmo padrão, não precisando realizar diferentes projetos, então o custo se divide por casa e a mão-de-obra também fica mais barata devido à quantidade.

Após fazer o orçamento e considerando mais uma vez que por se tratar de um conjunto habitacional os materiais são comprados em grande quantidade, podendo-se obter descontos, o valor final ficou em torno de R\$ 5.100,00 e a partir deste valor foi feita a análise econômica.

Considerando um investimento inicial de R\$ 5.100,00, uma produção mensal de aproximadamente 80 kWh e anual de 960 kWh, uma vida útil do projeto de 30 anos e sabendo-se que a tarifa é de 0,2898 R\$/kWh para a classe residencial sem benefício, obtida no site da Energisa, foi feito, inicialmente, um cálculo simples:

- Energia economizada durante um ano:

$$V_{\text{economizado}} = E_g(\text{ano}) \times T$$

Sendo:

$V_{\text{economizado}}$: Valor em reais economizado durante um ano;

$E_g(\text{ano})$: Energia produzida pelo sistema fotovoltaico e que deixará de ser comprada à concessionária (ano);

T : Tarifa de energia cobrada pela concessionária, em R\$/kWh

Tem-se:

$$V_{\text{economizado}} = 960 \times 0,2898 = 278,21$$

- *Payback* Simples

O *Payback* simples é o método mais simples para se analisar a viabilidade de um investimento e é calculado somando os fluxos de caixa, período a período, até que a soma se iguale ao valor do investimento inicial.

Na Tabela 5 tem-se o fluxo de caixa e o saldo ao longo dos anos, até o fluxo de caixa se igualar ao investimento inicial.

Tabela 5 – Fluxo de Caixa e Saldo.

t	Fluxo de Caixa	Saldo
0	-5.100,00	-5.100,0000
1	278,21	-4.821,79
2	278,21	-4.543,58
3	278,21	-4.265,37
4	278,21	-3.987,16
5	278,21	-3.708,95
6	278,21	-3.430,74
7	278,21	-3.152,53
8	278,21	-2.874,32
9	278,21	-2.596,11
10	278,21	-2.317,90
11	278,21	-2.039,69
12	278,21	-1.761,48
13	278,21	-1.483,27
14	278,21	-1.205,06
15	278,21	-926,85
16	278,21	-648,64
17	278,21	-370,43
18	278,21	-92,22
19	92,72	0,50

Fonte: Própria Autora

Com esses dados, tem-se se o *payback* simples de aproximadamente 18 anos e 4 meses. No entanto, esta análise não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, ou seja, o custo de capital.

Destaca-se a importância da Engenharia Econômica nas análises de investimentos por oferecer métodos para ajudar na tomada de decisão de investir ou não em determinado projeto.

O conhecimento desta área pode ser crucial para algumas decisões, como:

- Decisões “*make or buy*”: necessidade das empresas em decidir entre comprar certa peça ou fabricá-la em suas dependências;
- Decisões de Investimento: Avaliar investimentos;
- Comparação de alternativas: Diferentes métodos para analisar e decidir entre projetos, por exemplo;

- Aquisição de equipamentos: Decisão de comprar ou não equipamentos, levando em consideração as taxas de depreciação do produto;

Então, também foi feita uma análise que considera o valor do custo de capital, que é a taxa de desconto e o tempo de vida útil do investimento realizado, utilizando alguns métodos de engenharia econômica como: o valor presente líquido, a taxa interna de retorno e o *payback* descontado.

Valor Presente Líquido (VPL)

O método do Valor Presente Líquido (VPL) tem como finalidade calcular, em termos de valor presente, o impacto dos eventos futuros associados a uma alternativa de investimento (SAMANEZ, 2009).

O VPL é definido pela seguinte expressão:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (5)$$

Sendo:

FC_t : Fluxo de caixa no t-ésimo período;

I : Investimento inicial;

k : Custo de capital (taxa de desconto);

t : São os períodos no tempo em que o dinheiro será investido;

n : Último período do investimento.

De maneira geral, o VPL desloca todo o fluxo de caixa para a data e investimento do projeto por uma taxa de juros presumida e soma algebricamente os valores. Se o VPL for positivo o projeto é viável, caso seja negativo o projeto é inviável.

Taxa Interna de Retorno (TIR)

O método da Taxa Interna de Retorno (TIR) não tem como finalidade a avaliação da rentabilidade absoluta a determinado custo do capital, processo de atualização, como o VPL; mas objetiva encontrar uma taxa intrínseca de rendimento (SAMANEZ, 2009).

Matematicamente, é uma taxa hipotética que anula o VPL, ou seja:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (6)$$

Se $TIR \geq k$, o projeto é dito economicamente viável;

Se $TIR < k$, o projeto é dito economicamente inviável.

Payback Descontado (PB)

O método do *Payback* Descontado (PB) é semelhante ao *payback* simples, mas utiliza uma taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade (TMA), antes de se proceder a soma dos fluxos de caixa, portanto, considera o valor do dinheiro no tempo.

Este método consiste, basicamente, em determinar o valor de T na seguinte equação (SAMANEZ, 2009):

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (7)$$

Sendo:

I : Investimento inicial;

FC_t : Fluxo de caixa no período t;

k : Custo de capital ou taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade.

Este indicador é utilizado em conjunto com os métodos do VPL e da TIR.

Análise Econômica Considerando o Valor do Dinheiro no Tempo

Utilizando os métodos VPL, TIR e *payback* descontado foi feita a análise econômica considerando o valor do dinheiro no tempo.

Foram considerados os seguintes parâmetros:

- Produção mensal do gerador fotovoltaico: 80 kWh;
- Tarifa de energia de R\$ 0,2898, com um acréscimo anual da tarifa de 5%;
- Vida útil do projeto: 30 anos;
- Investimento inicial: R\$ 5.100,00;

- Custo de capital ou Taxa de desconto ou Taxa mínima de atratividade: rendimento dos últimos 12 meses da poupança que foi de 8,07 %.

O cálculo e aplicação dos métodos foram realizados com o auxílio do *software Excel*.

A Tabela 6 apresenta o ajuste anual da tarifa de 5% e conseqüentemente os valores economizados mensais e anuais.

Tabela 6– Tarifas ajustadas em 5% ao longo dos anos e valores economizados.

t	Ano	Tarifa (R\$/kWh)	Valor Economizado Mensal (R\$)	Valor Economizado Anualmente (R\$)
1	2017	0,2898	23,18	278,21
2	2018	0,3043	24,34	292,12
3	2019	0,3195	25,56	306,72
4	2020	0,3355	26,84	322,06
5	2021	0,3523	28,18	338,16
6	2022	0,3699	29,59	355,07
7	2023	0,3884	31,07	372,83
8	2024	0,4078	32,62	391,47
9	2025	0,4282	34,25	411,04
10	2026	0,4496	35,97	431,59
11	2027	0,4721	37,76	453,17
12	2028	0,4957	39,65	475,83
13	2029	0,5204	41,64	499,62
14	2030	0,5465	43,72	524,60
15	2031	0,5738	45,90	550,83
16	2032	0,6025	48,20	578,37
17	2033	0,6326	50,61	607,29
18	2034	0,6642	53,14	637,66
19	2035	0,6974	55,80	669,54
20	2036	0,7323	58,58	703,02
21	2037	0,7689	61,51	738,17
22	2038	0,8074	64,59	775,08
23	2039	0,8477	67,82	813,83
24	2040	0,8901	71,21	854,52
25	2041	0,9346	74,77	897,25
26	2041	0,9814	78,51	942,11
27	2042	1,0304	82,43	989,22
28	2043	1,0820	86,56	1038,68
29	2044	1,1361	90,88	1090,61
30	2045	1,1929	95,43	1145,14
TOTAL			18.483,82	

Fonte: Própria Autora

Para a aplicação dos métodos foi escolhida a taxa de desconto de 8,07%, que corresponde ao rendimento dos últimos 12 meses da poupança, por se tratar de um tipo de investimento de fácil acesso e com baixo rendimento. Portanto, se o projeto não for viável comparando-se com esse tipo de investimento, dificilmente será viável em comparação a outros investimentos com taxas maiores.

Na Tabela 7 é apresentado o cálculo do VPL.

Tabela 7 – Cálculo do VPL.

t	Ano	Valor do dinheiro no presente
1	2017	257,43
2	2018	250,12
3	2019	243,01
4	2020	236,11
5	2021	229,40
6	2022	222,89
7	2023	216,56
8	2024	210,40
9	2025	204,43
10	2026	198,62
11	2027	192,98
12	2028	187,50
13	2029	182,17
14	2030	176,99
15	2031	171,97
16	2032	167,08
17	2033	162,33
18	2034	157,72
19	2035	153,24
20	2036	148,89
21	2037	144,66
22	2038	140,55
23	2039	136,56
24	2040	132,68
25	2041	128,91
26	2041	125,25
27	2042	121,69
28	2043	118,23
29	2044	114,87
30	2045	111,61
Total		257,43
VPL		5.244,86 - 5.100,00 = 144,86

Fonte: Própria Autora

Pelo fato do VPL ter sido positivo, torna o projeto viável economicamente.

Foi obtida uma TIR de 8%, que comparado com a taxa de desconto de 8,07%, pode-se considerar que são iguais, fazendo com que o projeto seja viável economicamente.

A Tabela 8 apresenta o fluxo de caixa descontado, ou seja, levando em consideração o valor do dinheiro ao longo do tempo.

Tabela 8- Fluxo de Caixa Descontado.

t	Fluxo de Caixa	Saldo
0	-5.100,00	-5.100,00
1	257,43	-4.842,57
2	250,12	-4.592,45
3	243,01	-4.349,43
4	236,11	-4.113,32
5	229,40	-3.883,92
6	222,89	-3.661,03
7	216,56	-3.444,47
8	210,40	-3.234,07
9	204,43	-3.029,64
10	198,62	-2.831,02
11	192,98	-2.638,05
12	187,50	-2.450,55
13	182,17	-2.268,38
14	176,99	-2.091,39
15	171,97	-1.919,42
16	167,08	-1.752,34
17	162,33	-1.590,01
18	157,72	-1.432,28
19	153,24	-1.279,04
20	148,89	-1.130,15
21	144,66	-985,49
22	140,55	-844,94
23	136,56	-708,39
24	132,68	-575,71
25	128,91	-446,80
26	125,25	-321,55
27	121,69	-199,86
28	118,23	-81,63
29	114,87	33,24
30	111,61	144,86

Fonte: Própria Autora

Com os dados da Tabela 8 nota-se que o *payback* descontado se dá em torno de 28 anos e 9 meses.

3. Considerações Finais

O estágio realizado foi de extrema importância para minha formação acadêmica, pois através dele pude aplicar conhecimentos já adquiridos ao longo do curso e também, adquirir novos conhecimentos.

Analisando os resultados obtidos, comparando-se o *payback* simples de 18 anos e 4 meses e o *payback* descontado de 28 anos e 9 meses, nota-se que o primeiro é mais rápido comparado ao segundo, pois não faz um estudo detalhado do valor do dinheiro ao longo do tempo, fazendo o projeto ser viável. No segundo caso, considerando o valor do dinheiro no tempo, pôde-se observar que a geração solar fotovoltaica ainda é muito cara, mesmo tendo um VPL positivo de 144,86 e uma TIR de 8 % bem próxima da taxa de desconto de 8,07%, estes valores ficaram muito limitados e o *payback* muito demorado.

Através dos estudos bibliográficos pôde-se constatar que os projetos são sensíveis a escala, que o Brasil ainda precisa de incentivos em pesquisa para produzir as placas solares e inversores, para que não precise importar estes equipamentos essenciais. A geração solar fotovoltaica é uma área promissora, pois tem os benefícios ambientais, por se tratar de uma energia limpa e alternativa.

Em relação aos conjuntos habitacionais, já existem aplicações da geração solar fotovoltaica com incentivos do programa Minha Casa Minha Vida em algumas unidades e nota-se que é um projeto importante, pois além de contribuir para o meio ambiente, também tem a importância financeira, diminuindo a fatura de energia dos consumidores.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482**. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: Setembro de 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 687**. 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: Setembro de 2016.

Energia TecSolar. Disponível em: <http://energiatecsolar.com.br/tag/fotovoltaica/#sthash.yOzRPb8y.dpbs>. Acesso em: Setembro de 2016

Energisa. **Norma de Distribuição Unificada 001 – NDU 001**. Disponível em: <http://www.energisa.com.br/>. Acesso em: Agosto de 2016

Energisa. **Norma de Distribuição Unificada 013 – NDU 013**. Disponível em: <http://www.energisa.com.br/>. Acesso em: Setembro de 2016

Energisa. **Tarifa de energia**. Disponível em: <http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>. Acesso em: Setembro de 2016

JUNIOR, E.A.C. **Fotovoltaica ligada a rede versus térmica: Um estudo de caso em conjunto habitacional**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, 2016. Disponível em: <https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/cgee/projeto-de-engenharia/relatorios>. Acesso em: Setembro de 2016

LEAL, S.D.B. **Relatório de Estágio Supervisionado – Prefeitura Universitária – Universidade Federal de Campina Grande**. 2016. Disponível em: <https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/cgee/estagios/relatorios>. Acesso em: Setembro de 2016

MEIRA, R.N. **Relatório de Estágio Supervisionado – Laboratório de Sistema de Potência – Universidade Federal de Campina Grande**. 2016. Disponível em: <https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/cgee/estagios/relatorios>. Acesso em: Setembro de 2016

Micro Inversor Sushine SUN-600G. Manual Técnico. Disponível em: <http://www.chinesegrid.com/uploadfile/pdf/User%20Manual%20for%20Solar%20Grid%20Tie%20Inverter.pdf>. Acesso em: Setembro de 2016

Painel Solar Fotovoltaico Canadian CS6P 265P – Ficha Técnica. Disponível em: <http://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-de-265w-canadian-solar-cs6p-265p-78863>. Acesso em: Setembro de 2016

PINHO, J.T., GALDINO, M.A, et al. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CRESESB, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: Setembro de 2016

Portal Solar. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br>. Acesso em: Agosto de 2016

Potencial Solar – SunData. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?>. Acesso em: Setembro de 2016

Viana, R. (2015). **Memorial Técnico Descritivo.** CEHAP.

ANEXO A - Certificado de Conformidade do Micro Inversor SUN-600G

Intertek

Test Verification of Conformity

On the basis of the referenced test report(s), the sample(s) of the below product has been found to comply with the relevant harmonized standard(s) to the directive(s) listed on this verification at the time the tests were carried out.

The manufacturer may indicate compliance to only the said directives by signing a DoC himself and may affix the CE marking to products identical to the tested sample(s) if the product complies with all CE marking directives that has the product in their scope. In addition, the manufacturer shall file and keep the documentation according to the rules of the applicable directive(s) and shall consider changes of the standards as they may occur. Additional requirements, additional directives and local laws may be applicable.

Applicant Name & Address	: Ningbo National Hi-Tech Park Sunshine Technology Co., Ltd. Block 5, Lingyun Industrial Park, No. 1177, Lingyun Road, Ningbo National Hi-Tech Zone, Ningbo, Zhejiang, China
Manufacturing Site & Address	: See Annex to Test Verification of Conformity See Annex to Test Verification of Conformity
Product(s) Tested	: Micro Grid-connected PV inverter
Ratings and principal characteristics	: See Annex to Test Verification of Conformity
Model(s)	: See Annex to Test Verification of Conformity
Brand name	:  Ningbo National Hi-Tech Park Sunshine Technology Co., Ltd.
Relevant Standard(s) / Specification(s) / Directive(s)	: EN 62109-1:2010, Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 1: General requirements EN 62109-2:2011, Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters DIN V VDE V 0126-1-1:2006, Automatic disconnecting device Low Voltage Directive 2006/95/EC
Verification Issuing Office Name & Address	: Same as Intertek Legal Entity
Date of Test(s)	: 24 Sep 2013 – 04 Nov 2013
Verification/Report Number(s)	: 130426008GZU-006 / 130426008GZU-006, 130426008GZU-007, 130426008GZU-008

NOTE 1: This verification is part of the full test report(s) and should be read in conjunction with it.

This Verification is for the exclusive use of Intertek's client and is provided pursuant to the agreement between Intertek and its Client. Intertek's responsibility and liability are limited to the terms and conditions of the agreement. Intertek assumes no liability to any party, other than to the Client in accordance with the agreement, for any loss, expense or damage occasioned by the use of this Verification. Only the Client is authorized to permit copying or distribution of this Verification. Any use of the Intertek name or one of its marks for the sale or advertisement of the tested material, product or service must first be approved in writing by Intertek. The observations and test/inspection results referenced in this Verification are relevant only to the sample tested/inspected. This Verification by itself does not imply that the material, product, or service is or has ever been under an Intertek certification programme.



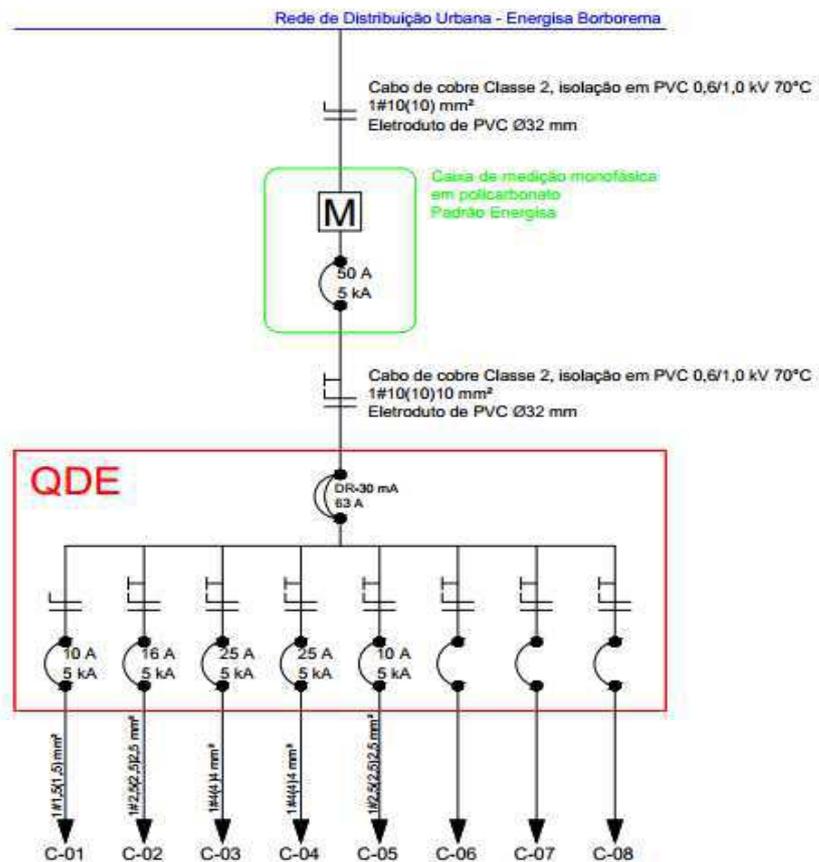
Signature

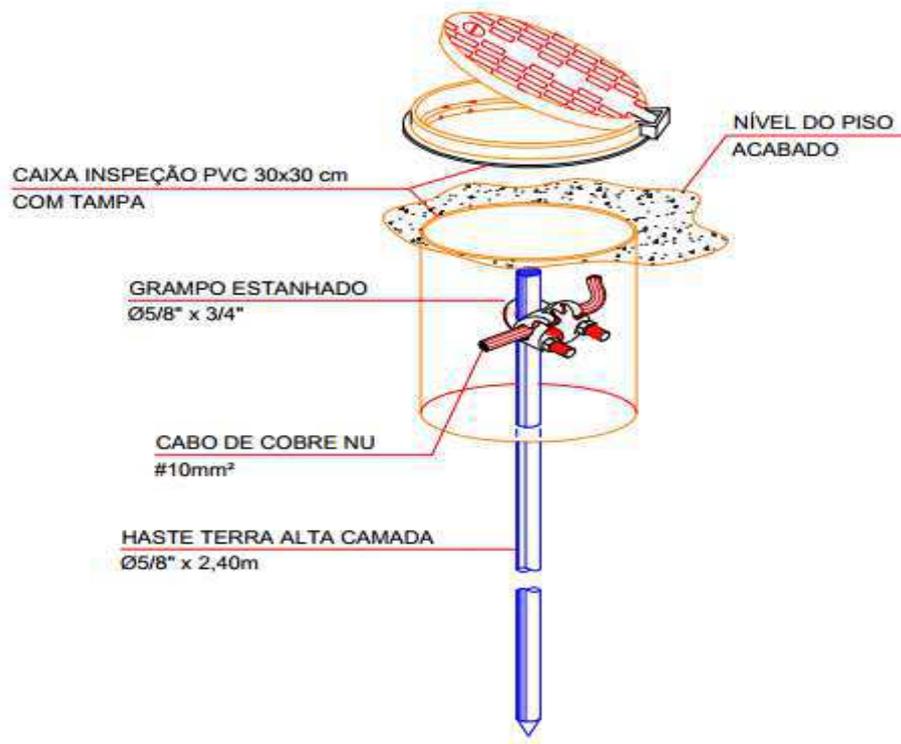
Name: Grady Ye
Position: Senior Supervisor
Date: 11 Nov 2013

QUADRO DE CARGA

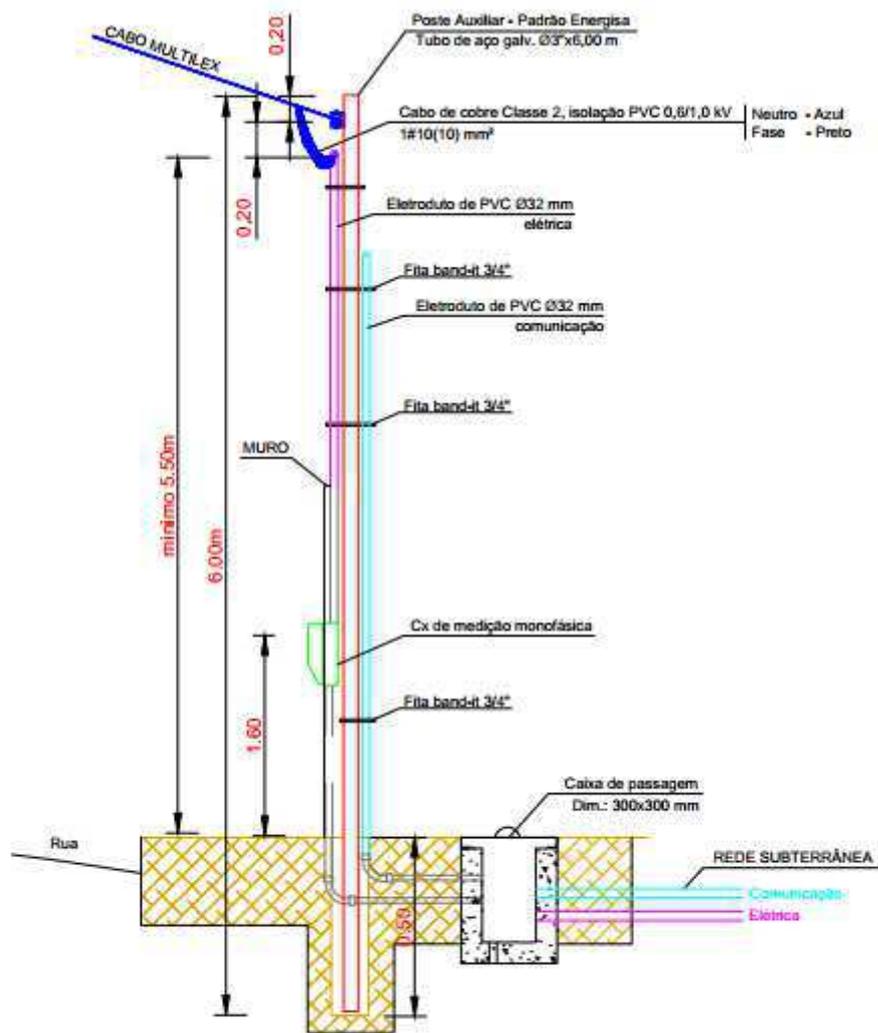
N° do Circuito	Lâmpadas (W)	TUGs (VA)		TUEs (VA)			Total		Tensão Nominal	Corrente (A)		Condutores S(mm²)		I _{aquec}	Função	CARGA
	2x20	100	600	650	1.200	4.500	W	VA	V	I _{carga}	I _{trans.}	Vivos	PE	A		
1	15	-	-	-	-	-	300	375	220	1,70	2,13	1,5	1,5	10	Ilum.	Lâmpadas Todos os Cômodos
2	-	16	-	-	-	-	1.600	1.600	220	7,30	9,2	2,5	2,5	16	TUG	Sala, Terraço, Quartos
3	-	1	5	-	-	-	3.100	3.100	220	14,09	17,62	4,0	4,0	25	TUG	A. Serviço, Cozinha, W.C.B
4	-	-	-	-	-	1	4.500	4.500	220	20,5	20,5	4,0	4,0	25	TUE	Chuveiro W.C.B
5	-	-	-	1	-	-	650	650	220	2,95	3,7	2,5	2,5	10	TUE	Ar-condicionado 7.000 BTU/h
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Reserva
TOTAL	15	17	5	1	1	1	10.150	10.225								
DEMANDA PREVISTA							6838,4	7.433	220	33,8	42,3	10	10	50	-	Quadro de Distribuição

DIAGRAMA UNIFILAR





DETALHE DE ATERRAMENTO
ESCALA: INDICADA



DETALHE DE MEDIÇÃO E ENTRADA DE ENERGIA
 ESCALA: 1:25

SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Indicação de caixa de passagem premoldada, Dim.: 30x30 cm instalada no piso
	Quadro de Distribuição Energia (ODE) 220 V, instalado a 1,70 m do piso acabado
	Quadro de Distribuição de Comunicação, instalado a 1,60 m do piso acabado. Dim.: 15x15x9 cm
	Quadro de Distribuição de Medição, instalado a 1,60 m do piso acabado.
	Indicação de haste de aterramento Ø5/8"x2,40 m
	Eletroduto de PVC rosqueável, embutido na parede ou teto: Energia / Comunicação
	Eletroduto de PVC rosqueável, embutido no piso
	Tomada monofásica 2P+T (10 A), instalada a 0,40 m do piso acabado. Função: Uso geral
	Tomada monofásica 2P+T (10 A), instalada a 1,10 m do piso acabado. Função: Uso geral
	Tomada monofásica 2P+T (10 A), instalada a 2,10 m do piso acabado. Função: Uso geral
	Interruptor com "n" seções, instalado a 1,10 m do piso acabado
	Interruptor three-way, instalado a 1,10 m do piso acabado
	Tomada 2P+T (25 A) + Interruptor bipolar para chuveiro instalado na parede (VER DETALHE)
	Sensor de presença com fotocélula instalado no teto
	Tomada para telefone instalada a 0,40 m do piso acabado
	Tomada para telefone instalada a 1,10 m do piso acabado
	Tomada para antena de TV, instalada a 0,40 m do piso acabado
	Campanhia instalada a 2,30 m e Interruptor para campanha instalado 1,10 m do piso acabado
	Arandela instalada a 2,00 m do piso acabado (escadas)
	Arandela instalada a 1,80 m do piso acabado
	Caixa de PVC sextavada instalada no teto
	Caixa de passagem de PVC 15x15 cm instalada no teto
	Circuito número 1: Condutores de fase, neutro, terra e retorno, respectivamente

APÊNDICE B – Orçamento do Projeto de Geração Solar

Item	Descrição	Quant.	Unid.	Valor Unitário (R\$)	Subtotal (R\$)
1	Painel Solar Fotovoltaico Policristalino, 265Wp, Modelo: CS6P-265P. Fabricante: Canadian	3	PC	776,55	2329,65
2	Cabo de Cobre 4,0 mm ² com isolamento em PVC 750V - 70°C Cor: Vermelho. Fabricante: Prysmian	4	M	3,26	13,04
3	Cabo de Cobre 4,0 mm ² com isolamento em PVC 750V - 70°C Cor: Preto. Fabricante: Prysmian	4	M	3,26	13,04
4	Cabo de Cobre 2,5 mm ² com isolamento em PVC 750V - 70°C Cor: Preto. Fabricante: Prysmian	6	M	2,12	12,70
5	Cabo de Cobre 4,0 mm ² com isolamento em PVC 750V - 70°C Cor: Azul. Fabricante: Prysmian	6	M	2,12	12,70
6	Cabo de Cobre 4,0 mm ² com isolamento em PVC 750V - 70°C Cor: Verde. Fabricante: Prysmian	6	M	2,12	12,70
7	Caixa de Passagem em PVC . Dimensões: 20x20 cm - Fabricante: Tigre	1	PC	40,00	40,00
8	Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS) Fotovoltaico - Modelo: PRD-DC40r 600PV - Fabricante: Schneider	1	PC	549,00	549,00
9	Disjuntor CC - 20A - Série: C60PV-DC - Fabricante: Schneider	1	PC	306,24	306,24
10	Disjuntor termomagnético monopolar DIN 6 A, 250 V. Fabricante: Schneider	1	PC	24,70	24,70
11	Tomada universal 2P+T - 10 A / 250 V	1	PC	5,00	5,00
12	Micro Inversor On Grid Sunshine - Modelo: SUN - 600G	1	PC	1256,90	1256,90
13	Conector Tipo olhal - 4mm ²	2	PC	0,75	1,50
14	Placa de Advertência - Dimensões: 25x18 cm- Padrão Especificado pela Energisa	1	PC	50,00	50,00
15	Medidor Bidirecional - Padrão Energisa	1	PC	150,00	150,00
TOTAL DO MATERIAL (R\$)					4.777,18
PROJETO (R\$)					100,00
MÃO - DE - OBRA (R\$)					300,00
TOTAL (R\$)					5.177,18

Fonte: Própria Autora.