

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

JARDEL WERLE GALLINA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS PARA SUPRIR A DEMANDA ENERGÉTICA DO CENTRO
UNIVERSITÁRIO FAG**

CASCADEL

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

JARDEL WERLE GALLINA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA INSTALAÇÃO DE PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS PARA SUPRIR A DEMANDA ENERGÉTICA DO CENTRO
UNIVERSITÁRIO FAG**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Profº Me. Eng. Mec. Eliseu A. Zanella Junior

CASCADEL

2017

PAGINA ASSINATURAS

DEDICATÓRIA

AOS MEUS PAIS E IRMÃ, POIS SEMPRE ESTAVAM AO MEU LADO, EM TODOS OS MOMENTOS DE MINHA VIDA. AOS PROFESSORES E ORIENTADORES, POIS SEM ELES NADA SERIA POSSÍVEL. E A DEUS NOSSO CRIADOR.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, e por me guiar em meus caminhos.

Aos meus pais, minha irmã e toda minha família, por sempre acreditarem e me apoiarem em cada decisão tomada.

Ao professor orientador Eliseu Zanella pela dedicação, compreensão, críticas e elogios, os quais foram essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Gilson Debastiani pelos ensinamentos sobre o assunto.

E também ao colaborador da empresa GPSSOLAR Ednilson dos Santos, pelos materiais de apoio.

RESUMO

Este trabalho utiliza de um meio abundante de energia no planeta para criar uma alternativa de complemento ou de geração total do consumo de energia elétrica pela instituição centro universitário FAG, para isto buscou uma área com incidência desse tipo de energia nas localidades da instituição. Com a escolha de uma área apropriada na instituição, pode-se calcular a dimensão da instalação, assim calculando o quanto de energia poderia ser gerado. Também foi possível calcular o custo de uma instalação para suprir a demanda total de energia elétrica da instituição.

Palavras-chave: Fotovoltaico, Kit's de sistema fotovoltaico, Energia Solar

ABSTRACT

This work uses an abundant means of energy in the planet to create a complementary alternative or total generation of electric energy consumption by the university institution FAG, for this, it sought an area with incidence of this type of energy in the localities of the institution. By choosing an appropriate area in the institution, one can calculate the size of the facility, thus calculating how much energy could be generated. It was also possible to calculate the cost of an installation to supply the institution's total electric energy demand.

Keywords: Photovoltaic, Photovoltaic System Kit, Solar Energy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: mapa brasileiro de irradiação solar em média anual	14
Figura 2: material tipo P e tipo N de uma célula fotovoltaica.....	16
Figura 3: painel solar de célula de silício monocristalina.....	18
Figura 4: painel solar mono e policristalino	19
Figura 5: sistemas fotovoltaicos.	20
Figura 6: configuração básica de um SFI.....	21
Figura 7: diagrama de um sistema fotovoltaico isolado em serie	22
Figura 8: diagrama de um sistema fotovoltaico isolado em paralelo.	23
Figura 9: modo de utilização de um controlador de carga.....	25
Figura 10: conexão elétrica do inversor CC – CA.	26
Figura 11: local de medição para realização dos estudos.....	28
Figura 12: Fator de espaçamento	29
Figura 13: distancia da gran via até os blocos	30
Figura 14: Área efetiva das instalações dos painéis fotovoltaicos:.....	31
Figura 15: Radiação incidente no Brasil em Kwh/m ² .dia.....	32
Figura 16: Radiação incidente em Cascavel em Kwh/m ² .dia.	33
Figura 17: Dados inseridos no programa RADIASOL.	34
Figura 18: Taxas de radiação corrigidas pelo programa RADIASOL	34
Figura 18: taxa de radiação corrigida para 24º, Norte em Cascavel – Pr.....	35
Figura 19: fixação dos painéis fotovoltaicos.....	36
Figura 20: cálculo da distância mínima entre fileiras.....	38
Figura 21: distancias entre fileiras de painéis.....	38
Figura 23: kit fotovoltaico de 1400 painéis solares.....	40
Figura 24: Fatura de Luz do centro universitário FAG.....	42
Figura 25: kit de um sistema fotovoltaico com 3000 painéis solares.....	44
Figura 26: kit de um sistema fotovoltaico com 1400 painéis solares.....	45
Figura 27: rendimento a 1% ao mês.	46
Figura 28: rendimento a 1% ao mês de R\$ 4.600.000,00	47
Figura 29: tabela contendo os resultados dos cálculos do trabalho.	50

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Distância mínima entre objetos e os módulos fotovoltaicos.....	28
Equação 2: Distância mínima entre fileiras de painéis.....	36
Equação 3: Produção de energia elétrica em kWh pelos painéis	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo geral	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 RADIAÇÃO SOLAR	14
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	15
2.3 TECNOLOGIA DISPONÍVEL	16
2.3.1 Pannel de silício monocristalino	17
2.3.2 Pannel de silício policristalino.....	18
2.3.3 Pannel solar de filme fino	19
2.4 TIPOS DE LIGAÇÃO FOTOVOLTAICA.	20
2.4.1 Sistema autônomos ou isolados (OFF GRID)	20
2.4.2 Sistemas conectado à rede (ON GRID)	23
2.5 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO (OFF GRID)	24
2.5.1 Baterias	24
2.5.2 Controladores de carga	25
2.5.3 Inversores.....	26
2.6 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE (ON GRID).....	26
3 METODOLOGIA	28
3.1 LOCALIZAÇÃO	28
3.2 AVALIAÇÃO DA ÁREA	29
3.3 INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO NO LOCAL	32
3.4 MODO DE INSTALAÇÃO.....	35
3.5 ESCOLHA DOS COMPONENTES	36
3.6 CÁLCULO DA QUANTIDADE MÁXIMA DE PAINÉIS QUE PODERÃO SER INSTALADOS NA GRAN VIA.....	37

3.6.1 Espaçamento entre fileiras de painéis.....	37
3.6.2 quantidades máxima de painéis	39
3.7 CÁLCULO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	41
3.7.1. Suprir a demanda completa do Centro Universitário FAG com painéis solares.	43
3.8 CÁLCULO DO RENDIMENTO CASO O INVESTIMENTO FOSSE APLICADO EM JUROS COMPOSTO.....	46
4 CONCLUSÃO	49
5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO A: DATASHEET PAINEL FOTOVOLTAICO	54
ANEXO B: DATASHEET INVERSOR	55
ANEXO C: ORÇAMENTO DE INSTALAÇÃO COMPLETA DE UM KIT FOTOVOLTAICO DE 1400 PAINÉIS.....	56
ANEXO D: ORÇAMENTO DE INSTALAÇÃO COMPLETO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 4400 PAINÉIS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica hoje é essencial na vida do ser humano, podendo dizer que sua presença nas indústrias, residências, áreas urbanas e rurais é obrigatória, transformando ela uma matéria prima para a produção ou realização de qualquer coisa.

Por esse fato, a demanda de energia elétrica vem cada vez aumentando no parâmetro mundial. Segundo um estudo realizado em 2010 pela EPE – empresa de pesquisa energética, a demanda de energia elétrica só no Brasil, deverá crescer a uma taxa média de 4,8% ao ano.

Com o aumento da demanda de energia elétrica, há também a necessidade de maior geração de energia, considerando que a energia elétrica não pode ser armazenada em grande escala, portanto o que for consumido deverá ser produzido instantaneamente.

Hoje no Brasil a maior parte da energia elétrica é produzida por fontes renováveis, sendo a hidrelétrica a maior fornecedora dessa energia, porém apesar de ser uma fonte renovável, a energia hídrica necessita de pontos estratégicos para a construção de suas geradoras, e esses pontos estão cada vez mais escassos necessitando a procura de novas fontes de energias.

Há também a preocupação ambiental no quesito de geração de energia, uma das fontes limpa, renovável e com abundância no Brasil seria a fonte fotovoltaica, ou seja, a energia solar transformada em energia elétrica.

De acordo com o Instituto superior Técnico da Universidade técnica de Lisboa (2004), a energia solar foi descoberta em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel quando conduzia experiências eletroquímicas e verificou que a exposição à luz de eletrodos de platina ou de prata dava origem ao efeito fotovoltaico.

Segundo o site Ambiente Brasil, mais tarde em 1877 dois inventores norte-americanos, W. G. Adams e R. E. Day, utilizaram as propriedades fotocondutores do selênio para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição a luz do sol.

A partir daí a energia solar foi se desenvolvendo cada vez mais, e tendo cada vez mais importância no cenário mundial. De acordo com um estudo publicado pelo conselho mundial de energia, em 2100, 70% da energia consumida será de origem solar.

Este trabalho visa estabelecer quanto de energia será produzido caso sejam instalados painéis fotovoltaicos em toda a área de uma futura cobertura da gran via do centro universitário FAG, e se será possível atender toda a demanda da FAG apenas com painéis fotovoltaicos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Calcular quanto de energia elétrica iria gerar caso fosse instalado painéis fotovoltaicos na estrutura de uma futura gran via do centro universitário FAG, e analisar a possibilidade de atender toda a demanda energética da FAG, apenas com painéis fotovoltaicos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Calcular quanto de energia os painéis fotovoltaicos irão gerar caso fosse instalado na cobertura de uma futura Gran via.
- Calcular qual o tempo de amortização de investimento
- Calcular quanto reduzirá a atual conta de energia e se é possível abater 100% da demanda de energia.
- Calcular quantos painéis fotovoltaicos e o valor do investimento para suprir 100% da demanda de energia elétrica da instituição FAG.

1.2 JUSTIFICATIVA

A energia proveniente de fontes solares, é umas das fontes que mais tem perspectiva de crescimento no futuro, por ser uma fonte limpa e infinita, seu estudo está cada vez mais avançado gerando cada vez mais eficiência em sua produção.

Para o Centro Universitário FAG, um trabalho deste porte agregará em sua estrutura, podendo futuramente alunos de algumas disciplinas terem material físico para estudar e agregar no seu conhecimento.

Apesar de ser uma fonte de energia largamente estudada hoje, o Centro Universitário FAG ainda não possui um laboratório para estudo desse material, deixando principalmente os alunos de engenharia desprovidos de prática nessa área, uma área que no futuro será tão aplicada.

Além de agregar na estrutura acadêmica do Centro Universitário, este projeto como a maioria dos projetos de engenharia visa o retorno financeiro para a instituição. Energia de fontes solares hoje em dia estão gerando cada vez mais retorno financeiro a quem usa dessa fonte. Esse estudo irá analisar quanto de energia elétrica a instituição economizaria caso fossem instalados painéis fotovoltaicos na cobertura da gran, e se possível atender a demanda completa de energia da FAG.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É viável a instalação de painéis solares nas dependências do Centro Universitário FAG, para que os mesmos gerem energia para a instituição, diminuindo assim a conta de energia atual, ou abatendo 100% da demanda de energia elétrica?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Será realizado a medição da Gram via da instituição FAG, e considerando que será construído uma cobertura nessa mesma Gran via, calcularmos quantos painéis fotovoltaicos na área da cobertura será possível de instalar, calculando assim a geração de energia elétrica produzida, e o quanto de economia teria na conta de luz atual. Calcular também a quantidade e valor de investimento para atender a demanda completa de energia elétrica da instituição FAG.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RADIAÇÃO SOLAR

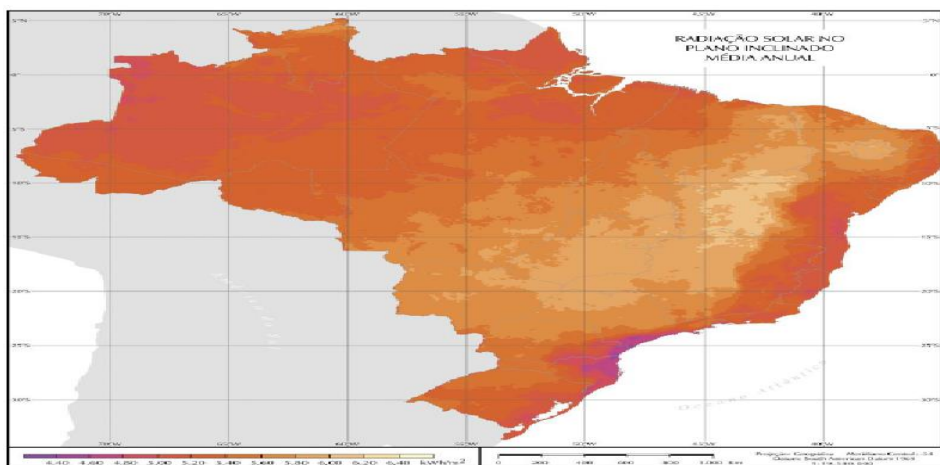
De acordo com o livro Energia Fotovoltaica, manual sobre tecnologias, projetos e instalações (2004), a energia do sol é a base de toda a vida na terra, essa energia chega a terra em forma de radiação. No sol, ocorre uma fusão que transforma o núcleo de hidrogênio em núcleo de hélio, parte da massa é transformada em energia durante esse processo fazendo que o sol seja um enorme reator de fusão.

Segundo o mesmo livro, a radiação que atinge a terra equivale a 1×10^{18} KWh/ano de energia, mas apenas uma parte da radiação solar é atingida na superfície da terra, a maior parte é refletida pela atmosfera terrestre.

A energia irradiada chega a terra através de partículas de energia chamadas de fótons. A quantidade dessa energia irradiada que chega ao chão depende da localização geográfica, mas também das condições atmosféricas, assim como as estações do ano (SOUZA, s.d.).

A figura 1 mostra o mapa da distribuição espacial da irradiação solar média anual (W/m^2) que incide sobre a superfície do Brasil. Para obter, a partir desses dados, a irradiação solar na base temporal diária média anual, em $kWh/m^2.dia$, deve-se multiplicar por 24h (PINHO e GALDINO, 2014).

Figura 1: mapa brasileiro de irradiação solar em média anual



Fonte: Pinho, 2014

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta de radiação solar em eletricidade. Isto se dá por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF apud ALMEIDA, 2017).

Segundo Severino e Oliveira (2010), o efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Complementando esta informação Nascimento (2014, p.14) afirma que “uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém o fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado “Efeito Fotovoltaico””.

As células fotovoltaicas são fabricadas com semicondutores, um material intermediário entre um condutor e um isolante (NASCIMENTO, 2004).

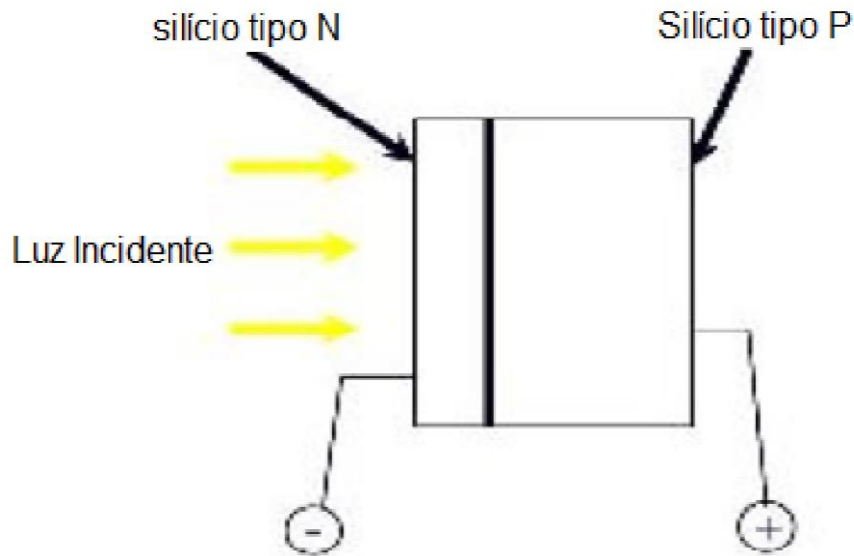
O silício é normalmente encontrado como areia. Através de alguns métodos, podemos obter silício em forma pura, porém esse silício puro não possui elétrons livres, sendo assim um mau condutor elétrico. Para mudar isso, acrescentam-se dosagens de outros elementos. Esse processo se chama dopagem. Ao dopar silício com fósforo, obtém-se um material com elétrons livres, ou material portador de carga negativa (silício tipo N).

Realizando a dopagem acrescentando Boro no lugar do fósforo, obtém-se o inverso, ou seja, falta de elétrons ou material com carga positiva livres (silício tipo P).

Cada célula solar é composta de uma fina camada de material tipo N e uma camada mais espessa de material tipo P (NASCIMENTO, 2004).

A figura 2 mostra uma célula com o material tipo N e tipo P.

Figura 2: material tipo P e tipo N de uma célula fotovoltaica



Fonte: NASCIMENTO, 2004

De acordo com Nascimento (2004), se separarmos as capas P da N, elas são eletricamente neutras, mas ao serem unidas, elas formam um campo elétrico devido a ocupação dos elétrons livres de silício tipo N nos vazios da estrutura do silício tipo P. Ao incidir a luz do sol sobre as células fotovoltaicas, os fótons da luz chocam-se com os elétrons da estrutura de silício fornecendo-lhe energia e transformando-os em condutores. Devido ao campo elétrico gerado pela junção P-N os elétrons são orientados e fluem da camada P para a camada N.

Por meio de um condutor externo, ligado a camada negativa à positiva, gera-se um fluxo de elétrons (corrente elétrica). Enquanto a luz incidir na célula, manter-se-á este fluxo (NASCIMENTO, 2004).

A intensidade da corrente elétrica gerada variara na mesma proporção conforme a intensidade da luz incidente.

2.3 TECNOLOGIA DISPONÍVEL

Hoje no mercado existem vários tipos de painéis fotovoltaicas disponíveis. Para esse projeto, iremos destacar os mais utilizados e com maior eficiência

energética, para que possamos ter um custo de instalação baixo com alta economia na atual conta de energia. Entre esses painéis, destacamos as seguintes:

2.3.1 Painel de silício monocristalino

A maioria dos módulos fotovoltaicos de silício monocristalino, também denominados de células, são obtidas a partir de fatias de um único grande cristal, mergulhados em silício fundido (MIRANDA, apud ALMEIDA, 2015).

O processo “Czochralski” é usado para a obtenção da célula de silício. Nesse processo o silício é fundido juntamente com uma pequena quantidade de material tipo p, geralmente usando o Boro.

Com um fragmento de cristal sobre rígido controle de temperatura, extrai-se do material fundido um grande cilindro de silício monocristalino. Este cilindro obtido é cortado em fatias finas de aproximadamente 300 μm (BRAGA, 2008).

De acordo com Braga (2008), após cortar e limpar as impurezas das fatias, deve-se introduzir material do tipo N, de forma a obter a junção. Esse processo as fatias de silício são expostas a vapor de fosforo em um forno com temperatura de 800 a 1000 $^{\circ}\text{C}$, isso ocorre pelo processo de difusão controlada.

Segundo o site portal solar, as células são feitas a partir de um único cristal de silício ultrapuro por isso seu nome, monocristalina.

A tecnologia monocristalina é a mais antiga e também uma das mais caras, porem eles possuem a eficiência mais alta. Comercialmente falando, a eficiência dos painéis 14 a 21%. Além disso é o modelo com maior durabilidade do mercado, chegando a durar mais que 30 anos. A figura 3 representa um painel de silício monocristalina.

Figura 3: painel solar de célula de silício monocristalina



Fonte: disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>

2.3.2 Painel de silício policristalino

Segundo Ruther (2004) a eficiência do modulo fotovoltaico policristalino é menor que a do silício monocristalino, mesmo sendo fabricados pelo mesmo material. Isto porque ele é formado em um bloco com grandes quantidades de grãos ou cristais ao invés de ser formado por um único cristal. Por isso seu custo é mais baixo quando comparado com a célula monocristalina

De acordo com o livro Energia Fotovoltaica, manual sobre tecnologias, projetos e instalações (2004) a fundição de lingotes é o processo utilizado para a produção de células de silício policristalino. Nela o silício bruto é aquecido no vácuo até uma temperatura de 1500 °C e depois esfriado a uma temperatura aproximadamente de 800 °C. Assim são criados os blocos de silício. Os blocos são então serrados em barras e depois em pastilhas com espessura de 0,3 mm

Apesar de ter uma produção mais barata em relação as células monocristalina, o painel de silício policristalino tem uma eficiência menor, cerca de 13 a 16,5 % da energia absorvida é transformada em energia elétrica. Já sua vida útil é semelhante ao do painel monocristalino, mais de 30 anos de vida útil. A figura 4 ilustra a diferença de um painel mono e policristalino. (portal solar, 2017).

Figura 4: painel solar mono e policristalino



Fonte disponível em: <https://solar-energy.technology/photovoltaic-solar-energy/types-photovoltaic-cells>

2.3.3 Painel solar de filme fino

Alguns estudos na área fotovoltaica têm direcionado a fabricação dos filmes finos a utilizarem diferentes materiais semicondutores e técnicas de deposição. Entre esses materiais o mais estudado estão o silício amorfo (a-Si) (VILLALVA e GAZOLI, 2012).

Segundo o site Portal Solar (2017), a essência básica da fabricação de painéis de filme fino é depositar uma ou várias camadas finas de material fotovoltaico sobre um substrato. Também são conhecidas como células fotovoltaicas de película fina (TFPV). Os diferentes tipos de painéis solares de filme fino podem ser categorizados por material fotovoltaico que é depositado sobre o substrato.

1. Silício amorfo (a-Si)
2. Telureto de cádmio (CdTe)
3. Cobre, índio e gálio seleneto (CIS/CIGS)
4. Células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV)

Esses materiais são aplicados em um substrato, geralmente vidro, através da deposição por vaporização, deposição catódica ou banho eletrolítico.

Apesar do baixo custo de fabricação as células de filmes finos “convertem fótons em elétrons de forma menos eficiente do que as células de cristais únicos de silício” (GORE, 2010, p.70).

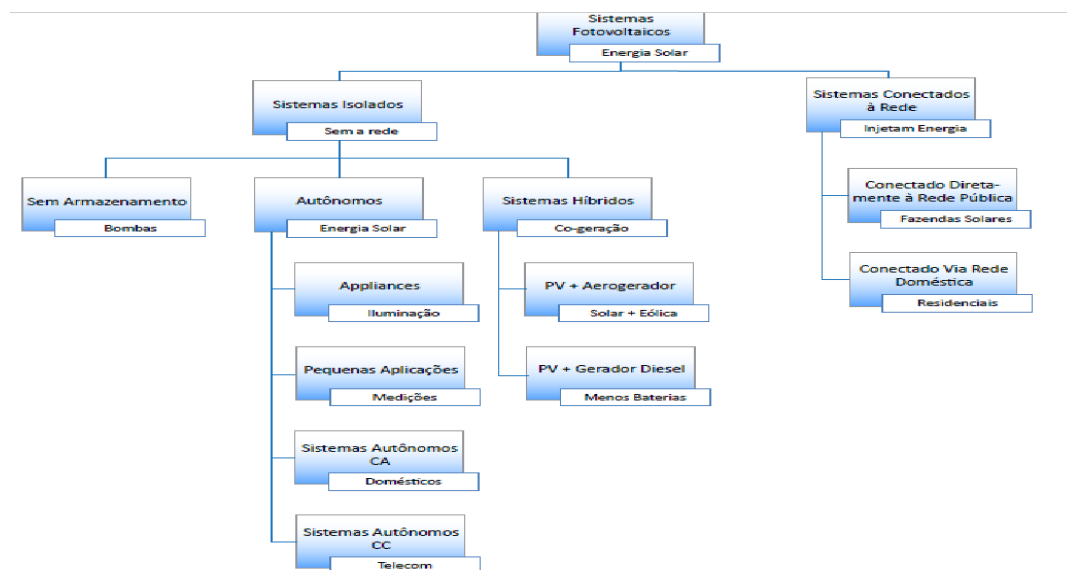
2.4 TIPOS DE LIGAÇÃO FOTOVOLTAICA.

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo à forma como é feita a geração ou entrega da energia elétrica, são eles:

1. Sistema autônomos ou isolados (OFF GRID)
2. Sistema conectado à rede (ON GRID)

A figura 5 mostra os tipos de sistema fotovoltaicos.

Figura 5: sistemas fotovoltaicos.



Fonte: Di Souza, (s.d.)

2.4.1 Sistema autônomos ou isolados (OFF GRID)

Os sistemas OFF GRID ou isolados, tem como sua maior vantagem de não dependerem da rede elétrica convencional, podendo ser instalados em pontos de

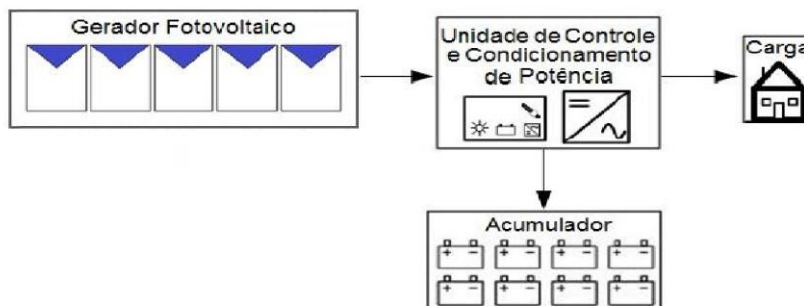
difíceis acessos. Existem dois tipos de sistemas autônomos: com armazenamento e sem armazenamento.

O sistema isolado com armazenamento pode ser usado no carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e até em aparelhos portáteis (VILLALVA e GAZOLI, 2012). Enquanto o sistema isolado sem armazenamento, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica, já que não utiliza instrumentos para armazenamento de energia (PEREIRA e OLIVEIRA, 2011)

A composição e funcionamento do sistema autônomo para iluminação pública, por exemplo, poderia ser feita, segundo Schuch (2010, p.18), por: “um painel fotovoltaico (PV), responsável por carregar as baterias durante o período diurno através de um conversor CC-CC. Durante a noite, as baterias fornecem energia para os equipamentos que fornecem intensidade luminosa.”

Os sistemas isolados de geração de energia necessitam de uma unidade responsável pelo controle e condicionamento de potência, composta por um inversor e um controlador de carga. A figura 6 mostra o esquema de um sistema fotovoltaico isolado básico. (PINHO e GALDINO, 2004)

Figura 6: configuração básica de um SFI.



Fonte: Pinho, 2014

Portanto os sistemas isolados são aqueles que não tem contato com a rede de distribuição de energia, podendo ser com armazenamento ou sem armazenamento.

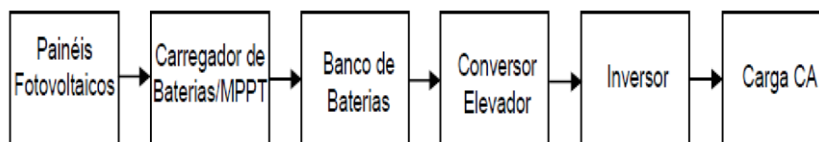
No caso do sistema isolado com armazenamento, há a utilização de baterias para armazenar a energia produzida pelo sistema fotovoltaico.

Já o sistema isolado sem armazenamento, é o sistema que utiliza a energia gerada instantaneamente, ou seja, só haverá produção de energia elétrica havendo sol, e a energia em excesso não poderá ser armazenada.

Os sistemas autônomos ou isolados (OFF GRID) podem funcionar de duas formas, em série ou paralelo.

No sistema em série, (figura 7) as baterias são ligadas em serie com o fluxo de energia. O carregador de baterias, além disso, também procura o ponto de máxima potência dos módulos fotovoltaicos. O conversor elevador aumenta a tensão do banco de baterias para o nível necessário na entrada do inversor, de acordo com a tensão CA desejada na saída do sistema (SEGUEL, 2009).

Figura 7: diagrama de um sistema fotovoltaico isolado em serie

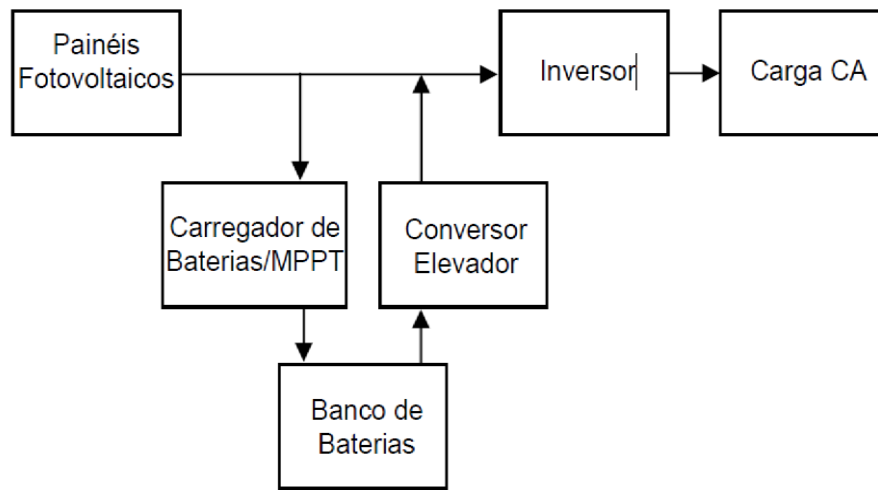


Fonte: SEGUEL, 2009.

Segundo Seguel (2009), um dos problemas dos circuitos fotovoltaicos isolados em série é que toda a energia utilizada pelo sistema vai passar pelo banco de baterias, diminuindo a vida útil das baterias.

Ainda de acordo com Seguel, em um sistema em paralelo o banco de baterias fica em paralelo com o fluxo de energia do sistema, desta forma, esta configuração possui algumas vantagens em relação a configuração em série, principalmente por podermos desconectar o banco de baterias após a carga completa, podendo a carga ser alimentada apenas pela energia gerada pelos painéis fotovoltaicos. A figura 8 apresenta um diagrama de um sistema fotovoltaico isolado em paralelo.

Figura 8: diagrama de um sistema fotovoltaico isolado em paralelo.



Fonte: SEGUEL, 2009.

Nesse caso o banco de baterias é acionado apenas quando a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos é inferior a demanda exigida, ou seja, quando não temos sol, evitando assim cargas e descargas desnecessárias que comprometem a vida útil das baterias (SEGUEL, 2009).

De acordo com Passari (s.d.) os principais passos do sistema OFF GRID são:

- i. Pannel fotovoltaico
- ii. Controlador de carga/descarga das baterias
- iii. Banco de baterias
- iv. Inversor autônomo, para cargas CA
- v. Cargas CC ou CA

2.4.2 Sistemas conectado à rede (ON GRID)

Os sistemas ON GRID são aqueles que trabalham conectados a rede elétrica, ou seja, a energia que o painel solar gera, é convertida em corrente alternada e é injetada na rede de energia elétrica. O responsável pela conversão é o inversor de frequência, que realiza a interface entre o painel e a rede elétrica (PEREIRA e OLIVEIRA, 2013).

Portanto, nesse sistema, não necessitamos de equipamentos de armazenamento de energia (baterias), reduzindo assim os custos de equipamentos.

Segundo Passari (s.d.) os principais passos dos sistemas ON GRID são:

- i. Modulo fotovoltaico
- ii. Inversor grid: transforma a corrente continua do painel em corrente alternada 127V/220V e 60 Hz, compatível com a eletricidade da rede
- iii. Interruptor de segurança
- iv. Quadro de energia
- v. A eletricidade alimenta a residência
- vi. O excedente volta para a rede elétrica através do medidor fazendo-o rodar ao contrário, reduzindo a tarifa de energia elétrica.

2.5 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO (OFF GRID)

Geralmente os sistemas fotovoltaicos autônomos (OFF GRID) são compostos das placas fotovoltaicas, um controlador de carga, uma bateria e um inversor de tensão contínua para tensão alternada.

Através do inversor, a tensão e corrente continua produzida pelos módulos fotovoltaicos é transformada em corrente alternada. O controlador de carga é uma espécie de carregador de baterias específico para aplicações fotovoltaicas. Esse controlador regula a carga útil e prolonga a vida útil da bateria, protegendo-as de sobrecargas ou descargas excessivas (VILLALVA, 2016).

2.5.1 Baterias

Para proporcionar o fornecimento constante de energia, e para evitar os desperdícios de energia gerada quando o consumo é baixo, é necessário a aplicação de um banco de baterias no sistema, assim a energia produzida que está sobrando é acumulada nas baterias, e quando a energia produzida pelos painéis não é suficiente para a demanda, as baterias alimentam o sistema. (VILLALVA, 2016).

Os bancos de baterias podem ser agrupados em serie ou em paralelo, agrupando-as em serie podemos obter maiores tensões, e agrupando em paralelo fornece mais corrente com a mesma tensão

Conectando as baterias em paralelo a tensão do banco de baterias, é a mesma tensão de uma bateria individual (VILLALVA, 2016).

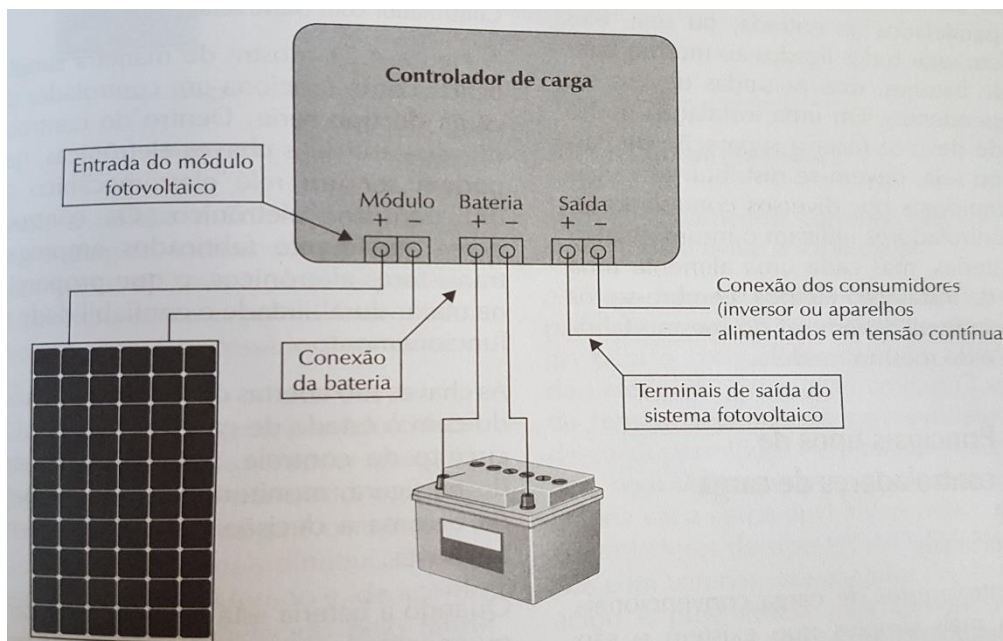
2.5.2 Controladores de carga

Obrigatoriamente os sistemas fotovoltaicos com baterias devem possuir um controlador ou regulador de carga. Esse dispositivo, faz a correta conexão entre os painéis e as baterias, evitando assim que as mesmas sejam sobrecarregadas ou descarregadas excessivamente.

Dentre as diversas funções do controlador de carga, podemos destacar, a proteção de sobrecarga e descarga das baterias, e o gerenciamento de carga das baterias. (VILLALVA, 2016).

Segundo Villalva (2016), os controladores de carga possuem três conjuntos de terminais onde todos os componentes do sistema devem ser conectados. A figura 9 mostra o modo de utilização de um controlador de carga.

Figura 9: modo de utilização de um controlador de carga



Fonte: VILLALVA, 2015.

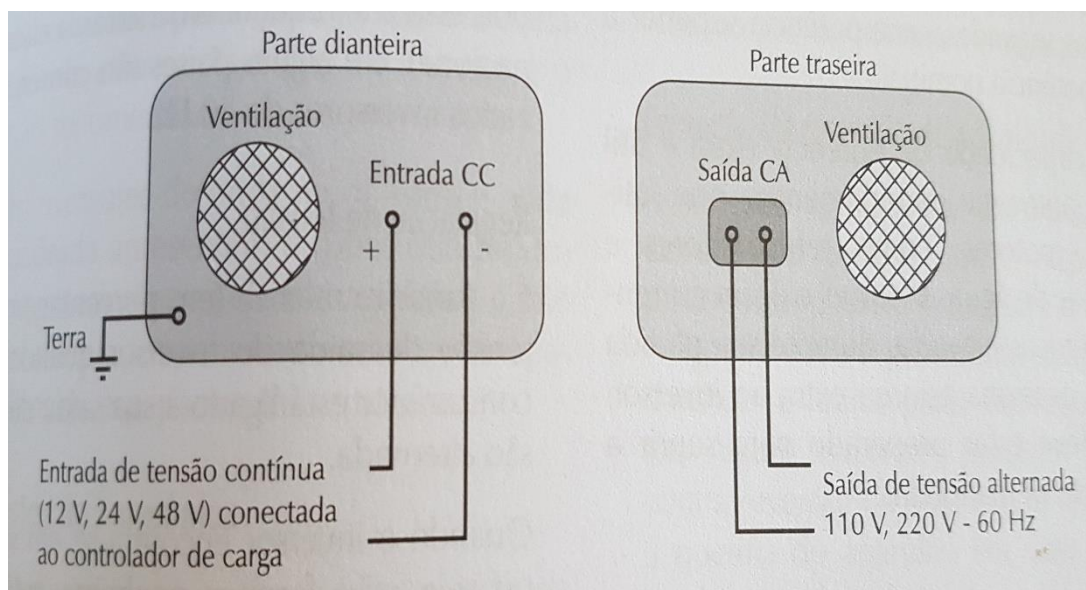
2.5.3 Inversores

A função principal de um inversor em um sistema fotovoltaico, é transformar a corrente contínua (c.c.) produzida pelos painéis fotovoltaicos ou recebida das baterias, em corrente alternada (c.a.) que é a corrente utilizada por maioria dos equipamentos elétricos nas residências (PINHO e GALDINO, 2014).

A figura 10, mostra como são feitas as ligações elétricas dos inversores.

Segundo Villalva (2016), o inversor possui uma entrada de corrente contínua (c.c.) e uma saída de corrente alternada (c.a.). Para o Brasil a saída dos inversores fornecem tensão alternada na frequência de 60 Hz, com valores eficazes de 110 V ou 220 V.

Figura 10: conexão elétrica do inversor CC – CA.



Fonte: VILLALVA, 2015

2.6 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A REDE (ON GRID)

Basicamente os equipamentos essenciais do sistema fotovoltaico on grid são os mesmos do off grid, porém nesse sistema não possui banco de baterias, pois a energia gerada é introduzida diretamente na rede elétrica. Nesta fase entra o medidor

bidimensional de energia, que tem a função de monitorar e medir a energia produzida pelos painéis e ingressada na rede elétrica. A energia excedente é contabilizada pelo medidor e adicionado crédito de energia, que pode ser usado quando a demanda for maior que a produção (VILLALVA, 2016).

3 METODOLOGIA

O método de estudo de produção de energia por um sistema fotovoltaico consiste em selecionar uma área com incidência de sol em todo o período diurno, calcular a área em que poderá ser instalado os painéis, calcular a incidência de radiação no local, escolher um tipo de ligação (ON GRID ou OFF GRID), e selecionar os componentes essenciais (painéis solares, inversor de frequência, controladores de carga e baterias no caso de OFF GRID)

3.1 LOCALIZAÇÃO

Para o estudo, a área escolhida para O cálculo dos painéis solares foi a área da gran via do centro universitário FAG. Entende-se por Gran Via, a total extensão da passarela que os alunos utilizam para acessar os blocos do centro universitário FAG (marcador amarelo na imagem 11). Considerando que há um projeto de uma futura construção de uma cobertura nessa gran via, as instalações dos painéis seriam feitas sobre a cobertura.

A figura 11 mostra o local exato e as coordenadas que foram usadas para a área de estudo da instalação dos painéis.

As coordenadas geográficas do local são 24° 56' Latitude Sul e 53° 30' Longitude Oeste, com uma altitude média de 780 metros acima do nível do mar.

Figura 11: local de medição para realização dos estudos



Fonte: Google Earth® (2017).

O ponto amarelo mostra o local onde foi realizado a medição da área para a realização do estudo.

3.2 AVALIAÇÃO DA ÁREA

Após escolha do local de estudo para aplicação dos painéis foi calculado a área que poderá ser instalado os painéis solares e avaliada a mesma, ou seja, utilizando a formula 1, foi calculado a distância mínima entre os blocos de sala de aula e a instalação dos painéis para que os blocos das salas não gerem sombra sobre os painéis.

$$\text{Distância} = Fe * (Ho - Hm) \quad (1)$$

Onde:

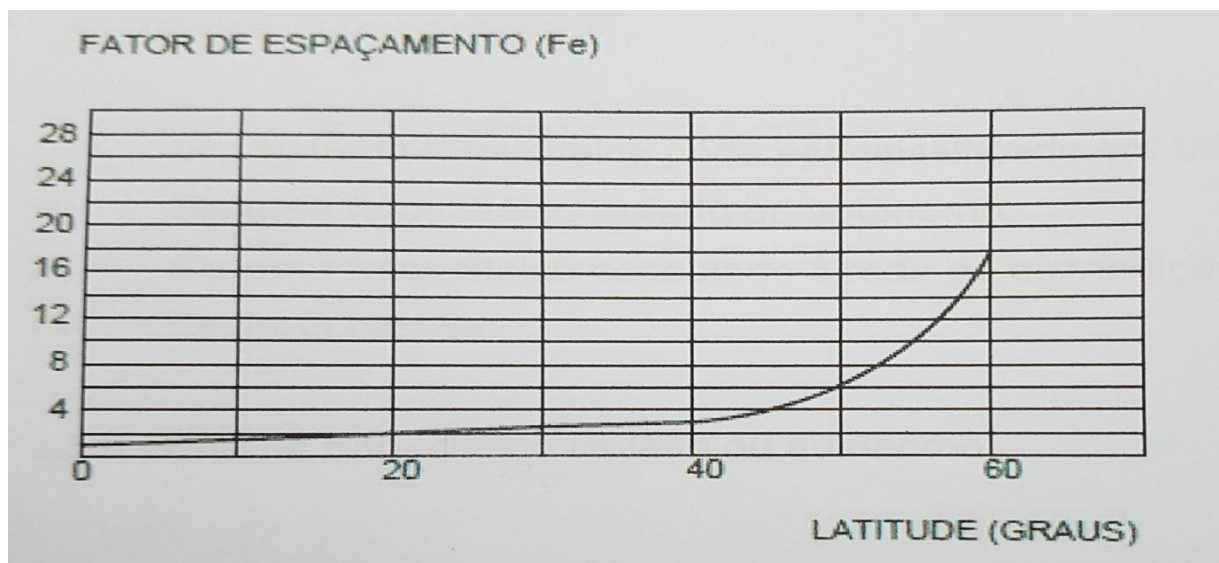
Fe – Fator de espaçamento

Ho – Altura do objeto (Bloco)

Hm – altura em relação ao nível do solo em que se encontra instalado os módulos

O fator de espaçamento é encontrado pela figura 12

Figura 12: Fator de espaçamento



Fonte: LOPES, s.d.

Com o auxílio da figura 12, encontramos o fator de espaçamento (F_e) de 2,0 sabendo que a Latitude do local é de 24° .

A altura dos blocos (H_o) de sala de aula é de 14 metros e a altura dos painéis em relação ao solo é de 5 metros.

Aplicando os valores na formula 1 obtivemos o seguinte valor de distância mínima dos blocos até a instalação dos painéis:

$$\text{Distância} = 2,0 * (14 - 5) = 18 \text{ metros}$$

A distância mínima que a instalação deverá ter dos blocos de sala de aula é de 18 metros.

Foram medidas todas as distancias dos blocos até a gran via e obtivemos o seguinte resultado:

Figura 13: distancia da gran via até os blocos



Fonte: Google Earth® (2017), adaptada pelo autor.

Tabela 1: Valores das distâncias medidas:

PONTO	DISTÂNCIA BLOCO X GRAN VIA (m)
A	24,8
B	18,2
C	26,1
D	27,0
E	18,5
F	19,6

Todos os valores das distancias ficaram superiores a distância mínima de 18 metros, então a área foi avaliada como BOA para a instalação dos painéis fotovoltaico, levando em conta que os cálculos acima são apenas para fins de avaliação da área quanto ao sombreamento das estruturas vizinhas.

Neste caso, a sombra que os blocos de sala de aula produzem, não iram interferir na produção de energia fotovoltaica pelos painéis solares.

A área de instalação dos painéis fotovoltaicos é ilustrada na imagem 14.

Figura 14: Área efetiva das instalações dos painéis fotovoltaicos:



Fonte: Google Earth® (2017), adaptada pelo autor.

A distância A/B é de 208 metros, e a distância C/D é de 10 metros. A distância B/E é de 298 metros, e a distância F/G é de 7 metros, totalizando 4166 m² de área.

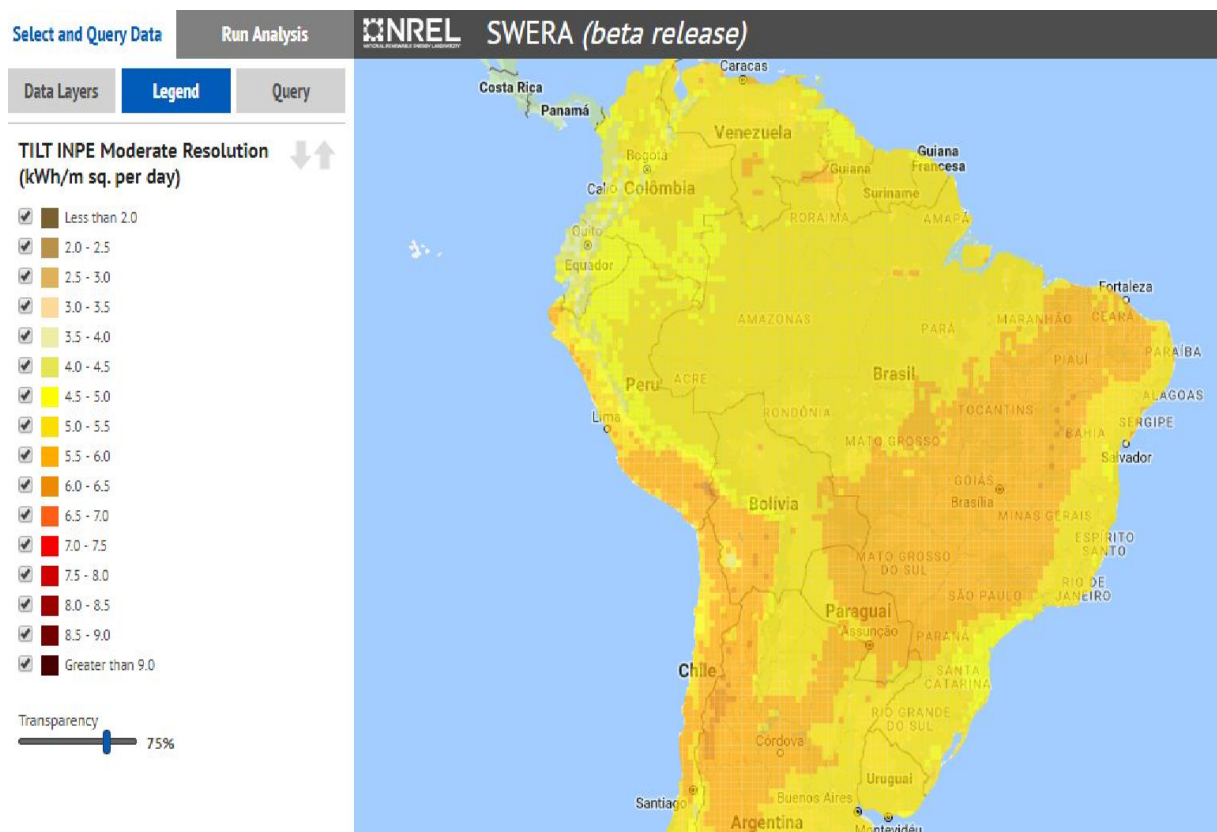
3.3 INCIDÊNCIA DE RADIAÇÃO NO LOCAL

Após o cálculo da área útil que temos para a instalação dos painéis fotovoltaicos, foi buscado os dados de radiação média no local.

Os dados de incidência de radiação no local foram coletados no site do SWERA, um site americano que detém de informações de vários satélites.

A figura 15 ilustra a radiação incidente no Brasil.

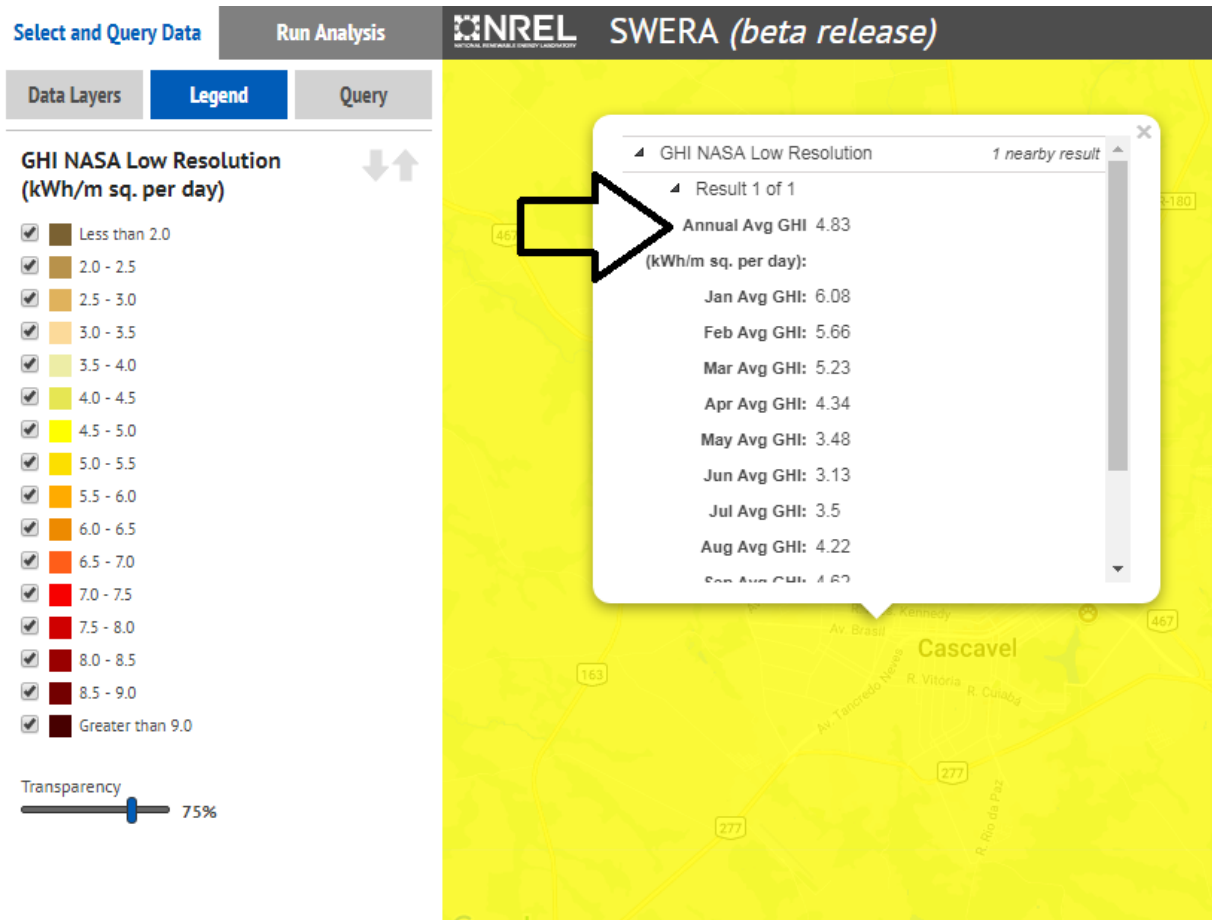
Figura 15: Radiação incidente no Brasil em Kwh/m².dia.



Fonte: <https://maps.nrel.gov/swera/>

Para a região de Cascavel, a figura 16 dispõe da média anual de radiação incidente.

Figura 16: Radiação incidente em Cascavel em Kwh/m².dia.



Fonte: <https://maps.nrel.gov/swera/>

Segundo o site da swera, a radiação média anual incidente em Cascavel é de 4,83 Kwh/m².dia, porém essa radiação é incidente em um plano horizontal. Segundo o site Portal Solar, para o Brasil o ângulo de inclinação igual ao da latitude é normalmente o melhor ângulo para a instalação dos painéis, portanto como Cascavel tem uma Latitude de 24°, o melhor ângulo de instalação das placas será 24° do plano horizontal e voltadas para o Norte geográfico.

Para corrigir as radiações para o ângulo de 24° (em relação ao plano horizontal), foi usado o programa RADIASOL, da UFRGS, onde no programa inserimos as coordenadas geográficas do local, a taxa de radiação encontrada no SWERA e o ângulo que desejamos, no caso 24°. Imagem 17.

Figura 17: Dados inseridos no programa RADIASOL.

Selecione um país e uma estação

País: Brazil

Estação: GPS- CASCADEL - FAG

Latitude: 24.00 **N/S:** S **Longitude:** 53.00 **E/W:** W

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
6.08	5.66	5.23	4.34	3.48	3.13	3.50	4.22	4.62	5.30	6.17	6.24

Radiação em kWh/m²

Radiação Global Diária - os valores podem ser modificados sem alterar o Banco de Dados.

Fonte: RADIASOL UFRGS.

A finalidade do programa RADIASOL, é corrigir a taxa de radiação para a inclinação desejada (no caso 24°).

A figura 18 mostra os dados de radiação corrigidos para ângulo de instalação das placas de 24° e voltadas para o Norte geográfico.

Figura 18: Taxas de radiação corrigidas pelo programa RADIASOL

RADIASOL

Arquivo Opções Copiar Estocásticos Menu ?

Ângulo de Inclinação: 24

Desvio Azimutal do Norte: 0

Hora Solar para Superfície Horizontal: Nascer do Sol, Pôr-do-Sol, Duração do Dia

Hora Solar para Superfície Inclinada: Nascer do Sol, Pôr-do-Sol, Duração do Dia

Radiação total do dia em kWh/m²: Sup. Horizontal Terrestre, Sup. Inclinada Terrestre, Extraterr., Kt, Extraterr.

Brasil Lon: 53.00 W Lat: 24.00 S

GPS- CASCADEL - FAG

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ag	Set	Out	Nov	Dez
8:30	450	431	413	352	282	254	295	355				
9:30	596	586	586	530	452	421	479	546				
10:30	695	691	704	659	583	554	621	687				
11:30	748	745	763	723	651	624	695	758				
12:30	748	745	763	723	651	624	695	758				
13:30	695	691	704	659	583	554	621	687				
14:30	596	586	586	530	452	421	479	546				
15:30	450	431	413	352	282	254	295	355				
16:30	282	256	226	171	121	100	121	164				
17:30	129	102	69	28	0	0	0	7				
18:30	15	0	0	0	0	0	0	0				
19:30	0	0	0	0	0	0	0	0				
20:30	0	0	0	0	0	0	0	0				
TOTAL	5830	5622	5522	4926	4178	3906	4422	5034				

Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

DATA: Típico

Laboratório de Energia Solar
GESTE - PROMEC - UFRGS

Fonte: RADIASOL UFRGS.

O programa corrigiu as taxas de radiação do plano horizontal, para 24° voltados para o Norte, além de calcular as horas de Sol durante o dia no local. A figura 18 mostra as taxas de radiação corrigidas, assim como a média anual de radiação.

Figura 18: taxa de radiação corrigida para 24°, Norte em Cascavel – Pr

POTÊNCIA DE INSOLAÇÃO /M ²				
JANEIRO	5830	W/m ²	5,83	kW/m ²
FEVEREIRO	5622	W/m ²	5,62	kW/m ²
MARÇO	5522	W/m ²	5,52	kW/m ²
ABRIL	4926	W/m ²	4,93	kW/m ²
MAIO	4178	W/m ²	4,18	kW/m ²
JUNHO	3906	W/m ²	3,91	kW/m ²
JULHO	4422	W/m ²	4,42	kW/m ²
AGOSTO	5034	W/m ²	5,03	kW/m ²
SETEMBRO	5012	W/m ²	5,01	kW/m ²
OUTUBRO	5382	W/m ²	5,38	kW/m ²
NOVEMBRO	5968	W/m ²	5,97	kW/m ²
DEZEMBRO	5932	W/m ²	5,93	kW/m ²
			5,14	kW/m ²

Fonte: Dados coletados do programa RADIASOL UFRGS.

A taxa de radiação anual para Cascavel em um plano de 24° com a Horizontal e voltada para o Norte e de 5,14 kW/m². Esse foi o dado de radiação utilizado para calcular a produção de energia elétrica das placas solares.

3.4 MODO DE INSTALAÇÃO

Para os cálculos o modo de instalação do sistema fotovoltaico foi o modo ON GRID, ou seja, ligado na rede. Esse método é o mais viável para o Centro Universitário FAG, pois esse método não detém de baterias, as quais elevariam muito o custo do projeto, pois a tecnologia de baterias que detém no mercado, fica inviável para o porte de consumo de energia que o centro universitário FAG tem.

O sistema ON GRID (conectado à rede), é o sistema que o excesso de energia que os painéis geram será integrado na rede da COPEL, e anotado um crédito de energia para o Centro Universitário FAG, assim nos momentos que os painéis não tiverem gerando energia (Noite ou quando houver chuva), esse credito poderá ser usado para consumo.

As placas fotovoltaicas serão instaladas no telhado da futura gran via do Centro Universitário FAG, e serão voltadas para o Norte geográfico e com ângulo de 24° para maior aproveitamento do sol. A imagem 19 mostra uma ideia de como poderia ser fixada os painéis fotovoltaicos no telhado da gran via.

Figura 19: fixação dos painéis fotovoltaicos



Fonte: www.enelsolucoes.com.br/blog201604reciclagem-de-placas-solares-2

3.5 ESCOLHA DOS COMPONENTES

Com os dados de radiação e método de ligação em mãos, foi selecionado os componentes para que fosse calculado a produção de energia total do sistema fotovoltaico. Os componentes principais para ser escolhido são os painéis fotovoltaicos e os inversores que transformam a corrente continua em corrente alternada.

Por ser um sistema de grande porte, foram selecionados os equipamentos de maiores potencias.

- Painéis Fotovoltaicos

Atualmente no Brasil os painéis fotovoltaicos que mais são utilizados e com melhor custo benefício são os painéis de silício monocristalino, e seu modelo de maior potência produz 335 Wp (Watts pico) de potência máxima conforme mostra seu DATASHEET no Anexo A.

O modelo de painel selecionado para cálculo foi o modelo da fabricante CanadianSolar de silício monocristalino MAXPOWER CS6U-335M (Anexo A).

- Inversores

Os inversores são responsáveis para transformar a corrente contínua (CC) produzida pelos painéis em corrente alternada (CA) que é a corrente que a maioria dos componentes utilizam.

Para os cálculos, foram utilizados o inversor ABB TRIO-50-TL-OUTD S POWER MODULE (Anexo B).

Os demais componentes, cabos, conexões, parafusos, e demais itens para a instalação não afetam nos cálculos de produção de energia elétrica.

3.6 CÁLCULO DA QUANTIDADE MÁXIMA DE PAINÉIS QUE PODERÃO SER INSTALADOS NA GRAN VIA

Para se ter um ponto inicial dos cálculos de produção de energia, foram coletados a área total da gran via do Centro Universitário. No tópico 3.2 (AVALIAÇÃO DA ÁREA), foi calculado a área total da gran via que é de 4166 m², porém existem fatores que delimitam a instalação em toda essa área.

3.6.1 Espaçamento entre fileiras de painéis

Na instalação dos painéis, necessita-se de um espaçamento mínimo entre suas fileiras, para que um painel não faça sombra em outro.

O IDAE (Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía) determina a seguinte fórmula de espaçamento mínimo entre fileiras:

$$d = h \div \tan (61^\circ - \Theta) \quad (2)$$

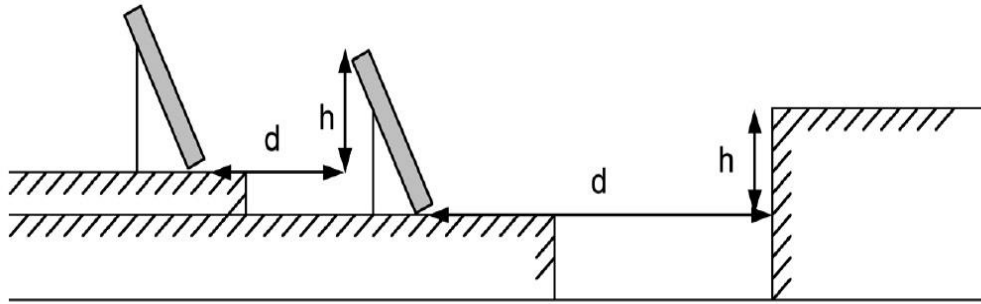
Onde:

d – distância mínima entre fileiras de painéis

h – altura da placa em relação a horizontal

Θ – latitude do local.

Figura 20: cálculo da distância mínima entre fileiras



Fonte: IDAE – Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía

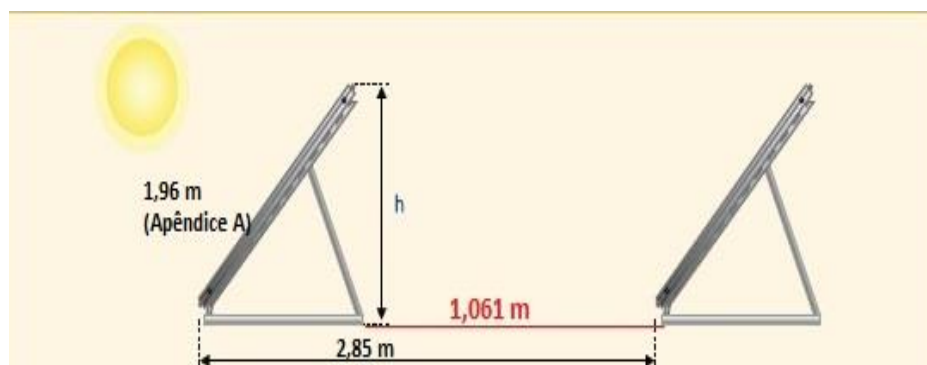
Para o presente projeto utilizando a equação 2, chegamos ao seguinte valor de distância mínima (d) entre fileiras.

$$d = \frac{0,8}{\operatorname{tg}(61^\circ - 24^\circ)} = 1,061 \text{ m}$$

Para o presente cálculo foram usados o valor da altura do topo do painel até a base horizontal (0,8, calculado pela fórmula de Pitágoras) e a latitude do local (24°), chegando a um valor de 1,061 metros de distância mínima entre fileiras.

Para sabermos quantas fileiras de painéis podem ser colocadas na área da gran via, foi somado essa distância mínima com o comprimento da base dos painéis como ilustra a figura 21.

Figura 21: distancias entre fileiras de painéis



Fonte: Autor

Como descrito no item 3.2 (Avaliação da área), o comprimento da gran via é $A/B = 208$ metros e $B/E = 298$ metros, totalizando 506 metros de gran via. Para saber

quantos fileiras de painéis pode-se colocar na futura cobertura da gran via dividiu-se o valor do comprimento da gran via pela distância entre fileiras:

$$\text{numero de fileiras de painéis parte A/B} = \frac{208 \text{ metros de gran via}}{2,85 \text{ espaçamento entre fileiras}}$$

No trecho A/B da gran via temos o resultado de 72,98 $\approx$ 73 fileiras.

$$\text{numero de fileiras de painéis parte B/E} = \frac{298 \text{ metros de gran via}}{2,85 \text{ espaçamento entre fileiras}}$$

No trecho B/E da gran via, temos o resultado de 104,56 fileiras $\approx$ 104 fileiras.

3.6.2 quantidades máxima de painéis

Segundo o Anexo A (datasheet dos painéis) cada painel tem uma largura de $\approx$ 1 metro, portanto no trecho A/B que tem 10 metros de largura, pode-se instalar 10 painéis cada fileira.

$$n^{\circ} \text{ max. de paineis possivel no trecho A - B} = 73 \text{ fileiras} * 10 \text{ paineis cada fileira}$$

Portanto no trecho A/B pode-se instalar no máximo 730 painéis fotovoltaico do modelo escolhido sem que haja alterações na sua eficiência.

No trecho B/E que tem 7 metros de largura, pode-se instalar 7 painéis cada fileira

$$n^{\circ} \text{ max. de paineis possivel no trecho B - E} = 104 \text{ fileiras} * 7 \text{ paineis cada fileira}$$

Portanto no trecho B/E da gran via, pode-se instalar no máximo 728 painéis fotovoltaicos do modelo escolhido sem que haja alterações na sua eficiência.

Somando a quantidade máxima de painéis no trecho A/B e B/E temos um total de 1458 painéis fotovoltaicos que poderão ser instalados no trecho da gran via do Centro Universitário FAG.

Hoje no mercado de energia fotovoltaica Brasileira, existem kits de produção de energia elétrica fotovoltaica, que com a quantidade de painéis necessários, o kit já detém dos demais componentes para a instalação completa do sistema (inversor de frequência, cabos, conexões, estruturas metálicas para fixação, etc.). Além disso há a cobrança de apenas uma única taxa de imposto sobre o kit, e não imposto separado para cada item, tornando assim a compra dos kits mais viável financeiramente do que comprar itens separados.

A figura 23, mostra detalhes de um kit que a empresa SICES BRASIL disponibiliza no mercado. Esse kit contém 1400 painéis solares do modelo escolhido anteriormente, e 7 inversores do modelo escolhido, além de todos os demais itens necessários para a instalação do sistema.

Figura 23: kit fotovoltaico de 1400 painéis solares

Sistema FV 469kWp – INVERSOR ABB TRIO 50 - ESTRUTURA CHAPA METAL

item	COD.	PRODUTO	QTY
1	CS6U335M	CANADIAN SOLAR 72CELLS 335W MONO-SI - 1º lote ABRIL 2017	1.400
2	ABB3N639900000A	Inversor ABB TRIO-50-TL-OUTDS-POWER MODULE	7
3	ABB3N83000DC06A	DCWB-SX-TRIO-50.0-TL-OUTD/12 INPUTS - ABB	7
4	ABB3N83000AC03A	ACWB-SX-TRIO50.0-TL-OTD - ABB	7
5	ABB3N639901000A	WALL MOUTING BRACKET - TRIO-50 - ABB	7
6	K210001163	K2 System_PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 6,1 MT	420
7	K2P10011632MT	K2 System_PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 2,03 MT	140
8	K21001164	K2 System_SPEEDCLIP	7.140
9	K21001622	K2 System_PARAFUSO METALICO AUTOPERFORANTE	14.280
10	K21005170	K2 System_TERMINAL FINAL 39..41MM for CAN	280
11	K22001586	K2 System_TERMINAL INTERMEDIARIO 39..44MM for CAN/AVP	2.660
12	CABOGM26434	CABO SOLAR 6MM<1000V_PRETO_NXS_PRY_BAL	2.100
13	CABOGM54203	CABO SOLAR 6MM<1000V_VERMELHO_NXS_PRY_BAL	2.100
14	C1344960000	CONECTORES FEMALE/ MACHO WEID_CABUR_TE_MC4_ou compativel	70
15	SSS_2016_2017	SEGURO SOLAR RISCO ENGENHARIA, PROJETO E INSTALAÇÃO.	1
16	ABB3I58001F000A	CONVERSOR PVI USB 232_485 PLACA CIRCUITO IMPRESSO	1

Fonte: SICES BRASIL

3.7 CÁLCULO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PELOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.

Com a quantidade de painéis fotovoltaicos que poderão ser instalados na área da gran via, e o modelo do painel, foi possível calcular a produção de energia elétrica pela seguinte formula:

$$Eg = P_{\text{placas}} * Rad * 30 \text{ dias} * \eta * n^{\circ} \text{ de placas} \quad (3)$$

Onde:

Eg – Energia gerada pelas placas (Kwh)

P_{placas} – Potencia da placa (Kw)

Rad – Índice de radiação corrigido para o ângulo de 24° (Kwh/m².dia)

η - Rendimento do sistema (0,75 a 0,85)

n° - número de placas do sistema.

30 – constante que significa os dias do mês.

O modelo de placas escolhidos dispõem de uma potência de 335 watts (0,335 Kw), sendo o rendimento do sistema de 80%. Jogando os dados da equação 3 obtivemos a seguinte produção de energia elétrica pelos painéis.

$$Eg = 0,335 * 5,14 * 30 * 0,8 * 1400$$

Seria possível uma produção mensal de energia média de 57.856 kWh, com a instalação do kit da imagem 23.

Para se ter uma ideia do valor que o centro universitário economizaria por mês, foi multiplicado o valor de energia gerado pelas placas pelo preço do kWh que a FAG paga. A imagem 24 ilustra uma conta de energia do centro universitário FAG, com os valores de kWh.

Figura 24: Fatura de Luz do centro universitário FAG

FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

AV DAS TORRES FAG, 500 - AV BRASIL FUND ASSIS GURGACZ FAG

LOTEAMENTO FAG - CASCAVEL - PR - CEP: 85806-095

Mês de referência

Unidade Consumidora

Junho/2017
VENCIMENTO

VALOR

15/07/2017

R\$ 111.197,30

PAT-01-20174997275115-27

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA Nº 004.462.400 - SÉRIE B

Emitida em 26/06/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PONTA	kWh	19176,00	1,597820	30.639,79	30.639,79	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PONTA	kWh	159121,00	0,424256	67.508,05	67.508,05	29,00
ENERGIA REAT EXC PONTA	kWh	33,00	0,340394	11,53	11,53	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	2373,00	0,350049	830,66	830,66	29,00
DEMANDA	kW	507,52	16,353265	9.607,67	9.607,67	29,00
DEMANDA ISENTA ICMS	kW	12,48	11,285266	140,84	0,00	0,00
ENERGIA CONS. B.VERMELHA	kWh			2.404,81	2.404,81	29,00

CONTILUMIN PUBLICA MUNICIPIO

53,75

Fonte: COPEL cedido pelo Centro Universitário FAG

O consumo que iria ser reduzido, seria o consumo de energia elétrica fora de ponta, no qual o preço do kWh é de R\$ 0,424256. Porém o Paraná é um dos únicos estados no Brasil que ainda cobra ICMS da devolução dos créditos de energia excedentes, portanto nesse valor de kWh deve-se descontar os 29% de ICMS.

$$\text{preço do kWh} = 0,424256 - 29\%$$

O valor do kWh para cálculo de economia da FAG, portanto é R\$ 0,30122176. Multiplicando esse valor pelo valor da produção de energia elétrica dos painéis, temos a seguinte economia em Reais.

$$\text{Economia (R\$)} = 0,30122176 * 57.856 = \text{R\$ } 17.427,48$$

Portanto com a instalação de um kit fotovoltaico de 1400 placas solares o centro universitário FAG teria uma economia mensal de R\$ 17.427,48 em sua conta de luz.

Para sabermos em quanto tempo o projeto se pagaria, a empresa GPSSOLAR realizou um orçamento (Anexo C) da instalação completa do kit usado no projeto. Para efetuar a instalação completa do kit a empresa cobraria R\$ 1.500.000,00, sendo esse, a instalação completa dos painéis, e os componentes do sistema gerador fotovoltaico. Dividindo esse valor pelo valor economizado na conta de energia, obtemos o tempo de amortização do projeto.

$$\text{tempo de amortização} = \frac{1.500.000,00}{17.427,48}$$

O tempo de amortização do projeto será de 86,07 meses, ou 7,1 anos.

3.7.1. Suprir a demanda completa do Centro Universitário FAG com painéis solares.

Para suprir a demanda completa do Centro Universitário FAG com painéis fotovoltaicos, primeiramente foi calculado e somado todo o consumo de energia da FAG. Somando todos os consumos da imagem 24 tem-se um consumo mensal de 181.303 kWh.

Para sabermos a quantidade de painéis fotovoltaicos do mesmo modelo escolhido anteriormente iria necessitar, foi utilizar a seguinte equação:

$$P_{\text{placas}} = \frac{\text{consumo}}{\text{radiação do local} * 30 \text{ dias} * \text{rendimento}}$$

Jogando os valores na equação, obteve o seguinte resultado:

$$P_{\text{placas}} = \frac{181.303}{5,14 * 30 * 0,8}$$

Portanto para gerar 181.303 kWh de energia elétrica precisa-se de 1.469,70 kWp.

Para saber quantas placas seriam necessárias, foi dividido esse valor pelo valor de cada painel, que nosso caso é 335 W (0,335 kW).

$$\text{numero de painéis necessarios} = \frac{1.469,70}{0,335}$$

Necessitaria, portanto, 4.388 placas fotovoltaicas do mesmo modelo do escolhido. (Anexo A).

As figuras 25 e 26 mostram kit's de sistema fotovoltaicos que atendem aproximadamente a necessidade do Centro Universitário.

Figura 25: kit de um sistema fotovoltaico com 3000 painéis solares

Sistema FV 1005kWp – INVERSOR ABB TRIO 50 - ESTRUTURA CHAPA METAL

Item	COD.	PRODUTO	QTY	P CON
1	CS6U335M	CANADIAN SOLAR 72CELLS 335W MONO-SI - 1ª lote ABRIL	3.000	
2	ABB3N639900000A	Inversor ABB TRIO-50-TL-OUTDS-POWER MODULE	15	
3	ABB3N83000DC06A	DCWB-SX-TRIO-50.0-TL-OUTD/12 INPUTS - ABB	15	
4	ABB3N83000AC03A	ACWB-SX-TRIO50.0-TL-OTD - ABB	15	
5	ABB3N639901000A	WALL MOUNTING BRACKET - TRIO-50 - ABB	15	
6	K210001163	K2 System_PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 6,1 MT	900	
7	K2P10011632MT	K2 System_PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 2,03 MT	300	
8	K21001164	K2 System_SPEEDCLIP	15.300	
9	K21001622	K2 System_PARAFUSO METALICO AUTOPERFORANTE	30.600	
10	K21005170	K2 System_TERMINAL FINAL 39..41MM for CAN	600	
11	K22001586	K2 System_TERMINAL INTERMEDIARIO 39..41MM for CAN/AVP	5.700	
12	CABOGM26434	CABO SOLAR 6MM<1000V_PRETO_NXS_PRY_BAL	4.500	
13	CABOGM54203	CABO SOLAR 6MM<1000V_VERMELHO_NXS_PRY_BAL	4.500	
14	C1344960000	CONECTORES FEMEA/ MACHO WEID_CABUR_TE_MC4_ou compativei	300	
15	ABB3I58001F000A	CONVERSOR PVI USB 232_485 PLACA CIRCUITO IMPRESSO	1	

Fonte: SICES BRASIL

Figura 26: kit de um sistema fotovoltaico com 1400 painéis solares

Sistema FV 469kWp – INVERSOR ABB TRIO 50 - ESTRUTURA CHAPA METALIC

item	COD.	PRODUTO	QTY	CC
1	CS6U335M	CANADIAN SOLAR 72CELLS 335W MONO-SI - 1º lote ABRIL 2017	1.400	
2	ABB3N639900000A	Inversor ABB TRIO-50-TL-OUTDS-POWER MODULE	7	
3	ABB3N83000DC06A	DCWB-SX-TRIO-50.0-TL-OUTD/12 INPUTS - ABB	7	
4	ABB3N83000AC03A	ACWB-SX-TRIO50.0-TL-OTD - ABB	7	
5	ABB3N639901000A	WALL MOUTING BRACKET - TRIO-50 - ABB	7	
6	K210001163	K2 System_PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 6,1 MT	420	
7	K2P10011632MT	K2 System_PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 2,03 MT	140	
8	K21001164	K2 System_SPEEDCLIP	7.140	
9	K21001622	K2 System_PARAFUSO METALICO AUTOPERFURANTE	14.280	
10	K21005170	K2 System_TERMINAL FINAL 39..41MM for CAN	280	
11	K22001586	K2 System_TERMINAL INTERMEDIARIO 39..44MM for CAN/AVP	2.660	
12	CABOGM26434	CABO SOLAR 6MM<1000V_PRETO_NXS_PRY_BAL	2.100	
13	CABOGM54203	CABO SOLAR 6MM<1000V_VERMELHO_NXS_PRY_BAL	2.100	
14	C1344960000	CONECTORES FEMEA/ MACHO WEID_CABUR_TE_MC4_ou compativel	70	
15	SSS_2016_2017	SEGURO SOLAR RISCO ENGENHARIA, PROJETO E INSTALAÇÃO.	1	
16	ABB3I58001F000A	CONVERSOR PVI USB 232_485 PLACA CIRCUITO IMPRESSO	1	

Fonte: SICES BRASIL

Somado os 2 kits, tem-se um kit fotovoltaico completo com 4.400 painéis solares, esse kit atenderia toda a demanda e ainda sobraria energia para eventuais ampliações.

Para saber o retorno do investimento a imagem 24 da fatura de luz do Centro universitário FAG ilustra que o mesmo gasta R\$ 111.197,30 em luz, porem devemos descontar desse valor os 29% de ICMS que será obrigatório pagar.

Tem-se, portanto, o valor de R\$ 78.811,94 de economia, caso seja instalado esses 2 kits de geração de energia.

A empresa GPSSOLAR disponibilizou um orçamento de montagem completa desses dois kits de energia solar no valor de R\$ 4.600.000,00 (Apêndice D), contendo instalação e todos os componentes do kit.

Para saber o tempo de pagamento do investimento, foi dividido o valor do orçamento pelo valor de energia que seria economizado.

$$\text{tempo de pag. do investimento} = \frac{4.600.000,00}{78.811,94}$$

O tempo total de retorno do investimento será de 58,36 meses, ou 4,86 anos.

3.8 CÁLCULO DO RENDIMENTO CASO O INVESTIMENTO FOSSE APLICADO EM JUROS COMPOSTO.

Para ter uma ideia se compensa ou não a realização de um investimento desse porte, para um projeto de geração de energia, foi calculada o rendimento em juros composto dos investimentos dos dois projetos, R\$ 1.500.000,00 para abater 15,67% da conta de luz atual, e R\$ 4.600.000,00 para abater 100% da demanda de energia elétrica atual. Utilizando um simulador de poupança disponível na internet, foi calculado o rendimento com uma taxa de juros de 1% ao mês para um tempo do retorno do investimento de cada projeto caso esse fosse realizado.

A figura 27 mostra o cálculo do rendimento a 1% ao mês e tempo de 86,07 meses do valor de R\$ 1.500.000,00.

Figura 27: rendimento a 1% ao mês.

SIMULADOR DE POUPANÇA 2

Quanto você espera poupar?

Valor inicial 1500000	R\$ 1.500.000,00 TOTAL POUPADO
Aporte mensal 0	R\$ 2.064.927,28 JUROS RECEBIDOS
Taxa (%) ☒ mensal ☐ anual 1 	R\$ 3.564.927,28 MONTANTE FINAL
Prazo ☒ meses ☐ anos 87,06	

Fonte: <http://simuladordepoupanca.net/>

Portanto se fosse investido no projeto de painéis solares, em 86,07 meses eu teria o retorno do investimento (R\$1.500.000,00) considerando a atual tarifa de energia elétrica, porém se fosse investido a juros composto de 1% ao mês, no mesmo período eu teria R\$ 2.064.924,28 mais o investimento.

Analisando esses resultados, podemos considerar que com essa taxa de juros, seria mais viável investir numa poupança, porém tudo indica que a tarifa de energia elétrica só tende a subir fazendo com que o economizado por mês aumente, e também podemos dizer que uma taxa de juros de 1% ao mês é uma taxa relativamente alta. Para se ter uma ideia a taxa de juros da poupança atual é de em média 0,5% ao mês.

A figura 28 mostra o cálculo de rendimento a 1% ao mês e tempo de 58,36 meses do valor de R\$ 4.600.000,00

Figura 28: rendimento a 1% ao mês de R\$ 4.600.000,00

SIMULADOR DE POUPANÇA 2

Quanto você espera poupar?

Valor inicial 4600000 Aporte mensal 0 Taxa (%) ☒ mensal ☐ anual 1 Prazo ☒ meses ☐ anos 58,36	R\$ 4.600.000,00 TOTAL POUPADO R\$ 3.592.142,25 JUROS RECEBIDOS R\$ 8.192.142,25 MONTANTE FINAL
--	--

Fonte: <http://simuladordepoupanca.net/>

Portanto se fosse investido no projeto de painéis solares, em 58,36 meses eu teria o retorno do investimento (R\$4.600.000,00) considerando a atual tarifa de energia elétrica, porém se fosse investido a juros composto de 1% ao mês, no mesmo período eu teria R\$ 3.592.142,25 mais o investimento.

Analisando os resultados, podemos afirmar que com a atual tarifa de energia elétrica, hoje valeria a pena investir sim em um projeto desse porte de energia fotovoltaica. Podemos afirmar ainda que a tarifa de energia elétrica tende a aumentar no decorrer dos anos, como já ocorre a alguns anos, assim se tornando um projeto cada vez mais viável para a instituição.

4 CONCLUSÃO

Foi constatado que a área da gran via do Centro Universitário FAG, não seria suficiente para a instalação de um sistema fotovoltaico que suprisse a demanda completa de energia da FAG, porém se essa área fosse utilizada para suporte de um sistema fotovoltaico a instituição conseguiria reduzir em 15,67% sua conta de energia atual, com um retorno do investimento de 7,1 anos.

Considerando que a vida útil de um sistema fotovoltaico é de 25 a 30 anos, podemos dizer que um sistema desse porte seria viável na instituição caso fosse realizada a obra da cobertura da gran via, além de agregar muito no prestígio da instituição.

Porem se o valor do investimento fosse aplicado a 1% de juros ao mês, teria um retorno no mesmo período de R\$ 2.064.924,28, ou seja maior do que os R\$ 1.500.000,00 do investimento. Se formos considerar que 1% de juros ao mês é um valor bem acima da poupança atual, e que o valor da energia elétrica só tende a subir, o investimento nos painéis fotovoltaicos ainda valeria a pena

Para o segundo caso onde se calculou um sistema fotovoltaico para suprir a demanda completa da instituição (100%), chegou-se a um resultado de tempo de amortização do investimento de 4,86 anos, o que é considerável viável economicamente, porem para um projeto desse porte, necessitaria uma área quase 3 vezes maior do que a área da cobertura da gran via da instituição.

No segundo caso, se o valor do investimento fosse aplicado a 1% de juros ao mês, teria um retorno no mesmo período de R\$ 3.592.142,25, ou seja, menor do que os R\$ 4.600.000,00 do investimento.

Esse valor é um valor muito satisfatório, considerando que a tarifa de energia elétrica só tende a aumentar, o tempo de retorno do investimento vai diminuir. Com o valor da atual tarifa de energia e a taxa de juros de 1% ao mês (maior que a poupança), ainda seria viável o investimento no projeto fotovoltaico.

No Brasil, o Paraná é um dos únicos estados que ainda cobram ICMS pela geração de créditos de energia, caso isso mude algum tempo, um sistema fotovoltaico desse porte se tornaria muito mais viável, podendo até em no máximo 4 ou 5 anos se pagar o investimento.

A figura 29 mostra um panorama geral dos cálculos desse trabalho.

Figura 29: tabela contendo os resultados dos cálculos do trabalho.

Quantidade de painéis suportado pela área	kit solar escolhido	energia produzida pelo kit	preço do kWh pago pela FAG - ICMS	economia mensal	custo do investimento	tempo de amortização do investimento	lucro se fosse investido a 1% de juros ao mes no periodo de 86,07 meses
1458 painéis / 4166 m ²	kit com 1400 painéis	57.856 kWh	R\$ 0,30122176	R\$ 17.427,48	R\$ 1.500.000,00	86,07 meses	R\$ 2.064.927,28
Quantidade de painéis para suprir demanda completa	kit solar escolhido	energia produzida pelo kit	preço do kWh pago pela FAG - ICMS	economia mensal	custo do investimento	tempo de amortização do investimento	lucro se fosse investido a 1% de juros ao mes no periodo de 58,36 meses
4388 Painéis de 335 kWp	1 kit de 3000 painéis	100 % da demanda	R\$ 0,30122176	R\$ 78.811,94	R\$ 4.600.000,00	58,36 meses	R\$ 3.592.142,25

Fonte: autor

5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para projetos futuros, faz como sugestões o cálculo e a viabilidade de sistemas híbridos para suprir a demanda da FAG, assim como outros sistemas que não afetem o meio ambiente.

Também o cálculo de produção de energia fotovoltaicas em outras áreas da instituição, como estacionamento, blocos, etc.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Eliane; ROSA, Anna Clara; DIAS, Fernanda Cristina Lima Sales. **Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica**. 2016. 13 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Bioenergética, Fea-fumec, Portugal, 2016.

AMBIENTE BRASIL (Org.). **Histórico das Células Fotovoltaicas e a Evolução da Utilização de Energia Solar**: Histórico do surgimento das primeiras células fotovoltaicas descrevem o surgimento da utilização de energia solar.. s.d.. Disponível em:

<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/energia_solar/historico_das_celulas_fotovoltaicas_e_a_evolucao_da_utilizacao_de_energia_solar.html>. Acesso em: 01 maio 2017.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. 2008. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

BUDTINGER, Felipe Gean. **Estudo de Viabilidade técnica Mediante projeto, como tecnologia suplementar de demanda de energia elétrica para o centro universitário FAG utilizando painéis fotovoltaicos**. 2016. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Cascavel, 2016.

CARNEIRO, Joaquim. **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos: Sistemas Ligados à rede e sistemas autônomos**. 2009. 18 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Têxtil, Universidade do Minho, Guimarães, 2009.

Empresa de Pesquisa Energetica (Org.). **Consumo de energia elétrica no País crescerá 4,8% ao ano até 2020, prevê EPE**. 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/02/consumo-de-energia-eletrica-no-pais-crescera-4-8-ao-ano-ate-2020-preve-epe>>. Acesso em: 01 maio 2017.

Empresa de Pesquisa Energética (Org.). **Projeção da demanda de energia elétrica: para os próximos 5 anos (2016-2020)**. Rio de Janeiro: Epe, 2015.

FREITAS, Susana Sofia Alves. **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos: Fundamentos e Aplicações**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrotécnica, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2008.

GEENPRO (Org.). **Energia Fotovoltaica: Manual Sobre Tecnologias, Projetos e Instalações**. União Europeia: Greenpro, 2004.

GUIMARÃES, Gabriel. **Os tipos de painel fotovoltaico e suas vantagens**. 2015. Disponível em: <<http://www.solarvoltenergia.com.br/conheca-os-tipos-de-painel-fotovoltaico-e-suas-vantagens/>>. Acesso em: 01 maio 2017.

IDAE. *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Instalaciones Conectadas a Red.* PCT-C-REV – julho 2011. [Consulta: 13/10/2017]. Disponível em: <http://www.idae.es/index.php/id.29/relnenu.327/mod.pags/mem.detalle>

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO (Lisboa) (Org.). **Breve história da energia solar.** 2004. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>>. Acesso em: 01 maio 2017.

LANDIN, Edslei Paes; OLIVEIRA, Maykon Braga de; ALMEIDA, Natalia de Souza. **Energia Solar Fotovoltaica.** 2010. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Técnico em, Eletrotécnica, Unidade Integrada Sesi/senai, Niquelândia, 2010.

MANUAL de Engenharia para Sistemas Fotovolaticos. Rio de Janeiro: Prc-prodeem, 2004.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica.** 2004. 23 f. Monografia (Especialização) - Curso de Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio (Org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovolaticos.** Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014.

PORTAL DA ENERGIA (Org.). **TIPOS DE PAINEL FOTOVOLTAICO.** 2017. Disponível em: <<http://portaldaenergia.com/tipos-de-painel-fotovoltaico/>>. Acesso em: 01 maio 2017.

RUTHER, Ricardo. **Panorama Atual da Utilização da Energia Solar Fotovoltaica.** Florianópolis: Labsolar, 1999.

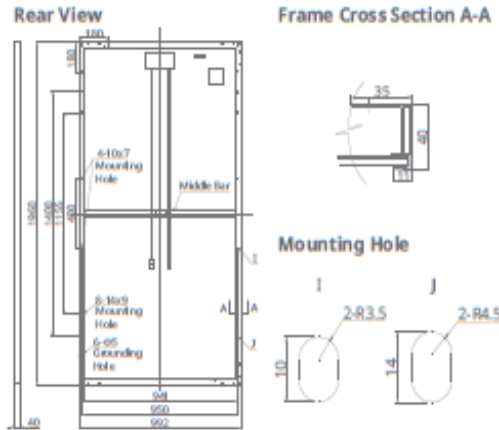
SEGUEL, Julio Igor López. **Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital.** 2009. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SOUZA, Ronilson di. **Introdução a Sistemas de Energia Solar Fotovotaica.** Ribeirão Preto: Blue-sol, . 113 p.

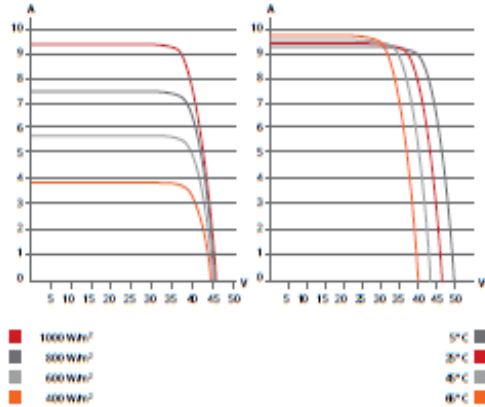
VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2015. 224 f.

ANEXO A: DATASHEET PAINEL FOTOVOLTAICO

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6U-335M / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA / STC*

CS6U	325 M	330 M	335 M
Nominal Max. Power (Pmax)	325 W	330 W	335 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.4 V	37.5 V	37.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.69 A	8.80 A	8.87 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.8 V	45.9 V	46.1 V
Short Circuit Current (Isc)	9.21 A	9.31 A	9.41 A
Module Efficiency	16.72%	16.97%	17.23%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000V (IEC) or 1000V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ +5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 × 12)
Dimensions	1960 × 992 × 40 mm (77.2 × 39.1 × 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm² (IEC) or 4 mm² & 12 AWG 1000V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4-1000V or PV2 series
Per Pallet	26 pieces
Per container (40' HQ)	572 pieces (40' HQ)

ELECTRICAL DATA / NOCT*

CS6U	325 M	330 M	335 M
Nominal Max. Power (Pmax)	235 W	238 W	242 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.1 V	34.2 V	34.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.88A	6.96 A	7.01 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.0 V	42.1 V	42.3 V
Short Circuit Current (Isc)	7.46 A	7.54 A	7.62 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, Wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, average relative efficiency of 96.5 % from an irradiance of 1000 W/m² to 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to ongoing innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

PARTNER SECTION



ANEXO B: DATASHEET INVERSOR

Highlights

- Transformerless topology
- Each inverter is set on specific grid codes which can be selected directly in the field
- Separate AC and DC compartments are available in different configurations
- Wide input range
- Both vertical and horizontal installation
- New version 60 kW available (480 Vac)



Technical data and types

Type code	TRIO-50.0-TL-OUTD	TRIO-60.0-TL-OUTD-480
Input side		
Absolute maximum DC input voltage (V_{max})	1000 V	
Start-up DC input voltage (V_{start})	360...500 V (Default 420 V)	420...500 V (Default 420 V)
Operating DC input voltage range ($V_{min} \dots V_{max}$)	0.7xV _{max} ... 950 V (min 300 V)	0.7xV _{max} ... 950 V (min 360 V)
Rated DC input voltage (V_{in})	610 Vdc	720 Vdc
Rated DC input power (P_{in})	52000 W	61800 W
Number of independent MPPT	1	
MPPT input DC voltage range ($V_{min,mppt} \dots V_{max,mppt}$) at P_{in}	480-900 Vdc	570-900 Vdc
Maximum DC input current (I_{max})	106 A	
Maximum input short circuit current	160 A	
Number of DC inputs pairs	12 or 16 (-SX version) / 12 (-SY version)	
DC connection type	PV quick fit connector ²⁾ on -SX and -SY version / Screw terminal block on Standard and -S version	
Input protection		
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT - varistor	Yes, 2	
Input overvoltage protection for each MPPT - plug in modular surge arrester	Type 2 (-SX version) / Type 1+2 (-SY version)	
Photovoltaic array isolation control	According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	200 A / 1000 V	
Fuse rating (version with fuses)	15 A / 1000 V	
Output side		
AC grid connection type	Three-phase (3W+PE or 4W+PE)	
Rated AC power (P_{out} , @cosφ=1)	50000 W	60000 W
Maximum AC output power ($P_{out,max}$, @cosφ=1)	50000 W	60000 W
Maximum apparent power (S_{out})	50000 VA	60000 VA
Rated AC grid voltage (V_{out})	400 V	480 V
AC voltage range	320...480 V ¹⁾	
Maximum AC output current ($I_{out,max}$)	77 A	
Contributory fault current	92 A	
Rated output frequency (f)	50 Hz / 60 Hz	
Output frequency range (f _{min} ...f _{max})	47...63 Hz / 57...66 Hz ¹⁾	
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995; 0...1 inductive/capacitive with maximum S _{max}	
Total current harmonic distortion	<3%	
Maximum AC cable section allowed	95 mm ² copper (with TRIO-ALUMINIUM-KIT 150 mm ² aluminum)	
AC connection type	Screw terminal block, cable gland PG42	
Output protection		
Anti-islanding protection	According to local standard	
Maximum external AC overcurrent protection	100 A	
Output overvoltage protection - varistor	Yes, 4	
Output overvoltage protection - plug in modular surge arrester (-SX version)	4, Type 2	
Operating performance		
Maximum efficiency (η _{max})	98.3%	98.5%
Weighted efficiency (EURO/CEC)	98.0% / -	98.0% / -
Communication		
Remote monitoring	VSN300 Wifi Logger Card (opt.), VSN700 Data Logger (opt.)	
Wireless local monitoring	VSN300 Wifi Logger Card (opt.)	
User interface	LEDs	
Communication interface	2 (RS485)	
Environmental		
Ambient temperature range	-25...+60°C / -13...14°F with derating above 50°C / 140°F	-25...+60°C / -13...140°F with derating above 45°C / 113°F
Relative humidity	4%...100% condensing	
Sound pressure level, typical	75 dB(A) @ 1 m	
Maximum operating altitude without derating	2000 m / 6660 ft	

2) ABB solar inverters | Product flyer for TRIO-50.0TL-OUTD/ TRIO-60.0TL-OUTD-480

ANEXO C: ORÇAMENTO DE INSTALAÇÃO COMPLETA DE UM KIT FOTOVOLTAICO DE 1400 PAINÉIS



PROPOSTA COMERCIAL

PROPOSTA Nº 113/2017

Saudade do Iguaçu, 10 de outubro de 2017.

Ref.: Instalação de sistemas fotovoltaico.

1. OBJETO:

Instalação de um kit fotovoltaico completo contendo 1400 painéis, além da estrutura metálica para fixação em cobertura plana.

Sistema FV 469kWp – INVERSOR ABB TRIO 50 - ESTRUTURA CHAPA METALI

Item	COD.	PRODUTO	QTY
1	CS6U335M	CANADIAN SOLAR 72CELLS 335W MONO-SI - 1ª lote ABRIL 2017	1.400
2	ABB3N839900000A	Inversor ABB TRIO 50-TL-OUTDS-POWER MODULE	7
3	ABB3N83000DC06A	DCWB-SX-TRIO-50-0-TL-OUTD/12 INPUTS - ABB	7
4	ABB3N83000AC03A	ACWB-SX-TRIO50-0-TL-OTD - ABB	7
5	ABB3N839901000A	WALL MOUNTING BRACKET - TRIO-50 - ABB	7
6	K210001163	K2 System PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 6,1 MT	420
7	K2P10011632MT	K2 System PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 22L 2,03 MT	140
8	K21001164	K2 System SPEEDCLIP	7.140
9	K21001622	K2 System PARAFUSO METALICO AUTOPERFORANTE	14.280
10	K21005170	K2 System TERMINAL FINAL 35,41MM for CAN	280
11	K22001586	K2 System TERMINAL INTERMEDIARIO 35,41MM for CAN/AVP	2.660
12	CABO/GM/26434	CABO SOLAR 6MM-1000V, PRETO, NXS, PRY, BAL	2.100
13	CABO/GM/54203	CABO SOLAR 6MM-1000V, VERMELHO, NXS, PRY, BAL	2.100
14	CL344960000	CONECTORES FEMEA/ MACHO WEID, CABUR, TE, MC4, ou compativel	70
15	555_2016_2017	SEGURO SOLAR RISCO ENGENHARIA, PROJETO E INSTALAÇÃO.	3
16	ABB3I58001F000A	CONVERSOR P.VI USB 232_485 PLACA CIRCUITO IMPRESSO	1

2. VALOR:

Pagamento em parcela a ser combinado, tendo o valor total de R\$ 1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais).

No valor acima está incluso toda a mão de obra, refeições, fabricação, montagem e transporte dos produtos até o local.

3. VALIDADE DA PROPOSTA

Nossa proposta será mantida por 10 (dez) dias, contados da data de sua emissão.

4. OBRIGAÇÕES DA CONTRATANTE

A Contratante deverá deixar disponível no local da obra uns pontos de energia 110 v e 220 v

5. MANUTENÇÃO

Caso ocorra reparos ou imprevistos, quebra será de responsabilidade da Contratante.

Sem mais para o momento,

Atenciosamente,

GPS SOLAR

CNPJ 03.025.365/0001-69
FONE/FAX 46 32461157, AV. IGUAÇU, 2148, CENTRO
85568-000 SAUDADE DO IGUAÇU - PR

ANEXO D: ORÇAMENTO DE INSTALAÇÃO COMPLETO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 4400 PAINÉIS



PROPOSTA COMERCIAL

PROPOSTA Nº 114/2017

Saúde do Iguaçu, 10 de outubro de 2017.

Ref.: Instalação de sistemas fotovoltaico.

1. OBJETO:

Instalação de 2 kit's fotovoltaico completo um contendo 1400 painéis e outro 3000 painéis além da estrutura metálica para fixação em cobertura plana.

Sistema FV 1005kWp – INVERSOR ABB TRIO 50 - ESTRUTURA CHAPA METAL

Item	COD.	PRODUTO	QTY	P COM
1	CS000001	CANADIAN SOLAR 72CELLS 330W MONO-SI - 1ª lote ABRIL 2017	1.500	
2	A000N000000000	Inversor ABB TRIO 50-TL-OUT/0-POWER MODULE	15	
3	A000N000000000	DCWB-SI-TRIO-50-TL-OUT/12-INPUTS-ABB	15	
4	A000N000000000	ACWB-SI-TRIO-50-TL-OUT-ABB	15	
5	A000N000000000	WALL MOUNTING BRACKET-TRIO-50-ABB	15	
6	K21000103	K2 System PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 2,03 MT	900	
7	K2P10011632MT	K2 System PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 2,03 MT	300	
8	K2100164	K2 System SPEEDCLIP	15.300	
9	K2100162	K2 System PARAFUSO METALICO AUTOPERFORANTE	30.000	
10	K2100170	K2 System TERMINAL FINAL 35-40MM for CAN/WVP	600	
11	K2100176	K2 System TERMINAL INTERMEDIARIO 35-40MM for CAN/WVP	5.700	
12	CAB000000000	CABO SOLAR 6MM-1000V PRETO_NYS_PRY_BAL	4.500	
13	CAB000000000	CABO SOLAR 6MM-1000V VERMELHO_NYS_PRY_BAL	4.500	
14	C134000000	CONECTORES FEMEA/MACHO WVD CABUR TE MCA ou compativel	300	
15	A000N000000000	CONVERTOR PVI USB 232_A05 PLACA CIRCUITO IMPRESSO	1	

Sistema FV 469kWp – INVERSOR ABB TRIO 50 - ESTRUTURA CHAPA METAL

Item	COD.	PRODUTO	QTY
1	CS000001	CANADIAN SOLAR 72CELLS 330W MONO-SI - 1ª lote ABRIL 2017	1.400
2	A000N000000000	Inversor ABB TRIO 50-TL-OUT/0-POWER MODULE	7
3	A000N000000000	DCWB-SI-TRIO-50-TL-OUT/12-INPUTS-ABB	7
4	A000N000000000	ACWB-SI-TRIO-50-TL-OUT-ABB	7
5	A000N000000000	WALL MOUNTING BRACKET-TRIO-50-ABB	7
6	K21000103	K2 System PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 2,03 MT	420
7	K2P10011632MT	K2 System PERFIL DE ALUMINIO SPEEDRAIL 2,03 MT	140
8	K2100164	K2 System SPEEDCLIP	7.350
9	K2100162	K2 System PARAFUSO METALICO AUTOPERFORANTE	14.700
10	K2100170	K2 System TERMINAL FINAL 35-40MM for CAN	280
11	K2100176	K2 System TERMINAL INTERMEDIARIO 35-40MM for CAN/WVP	2.660
12	CAB000000000	CABO SOLAR 6MM-1000V PRETO_NYS_PRY_BAL	2.310
13	CAB000000000	CABO SOLAR 6MM-1000V VERMELHO_NYS_PRY_BAL	2.310
14	C134000000	CONECTORES FEMEA/MACHO WVD CABUR TE MCA ou compativel	70
15	S05_2016_2017	SEGURO SOLAR RISCO ENGENHARIA, PROJETO E INSTALAÇÃO	1
16	A000N000000000	CONVERTOR PVI USB 232_A05 PLACA CIRCUITO IMPRESSO	1

2. VALOR:

Pagamento em parcela a ser combinado, tendo o valor total de R\$ 4.600.000,00 (quatro milhões e seiscentos mil reais).

No valor acima está incluso toda a mão de obra, refeições, fabricação, montagem e transporte dos produtos até o local.

3. VALIDADE DA PROPOSTA

Nossa proposta será mantida por 10 (dez) dias, contados da data de sua emissão.

4. OBRIGAÇÕES DA CONTRATANTE

A Contratante deverá deixar disponível no local da obra uns pontos de energia 110 v e 220 v

5. MANUTENÇÃO

Caso ocorra reparos ou imprevistos, quebra será de responsabilidade da Contratante.

Sem mais para o momento,

Atenciosamente,

GPS SOLAR

CNPJ 03.025.365/0001-69
FONE/FAX 46 32461157, AV. IGUAÇU, 2148, CENTRO
85568-000 SAUDE DO IGUAÇU - PR